

Ю. В. КОСТЫКОВ

ПРИКЛАДНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

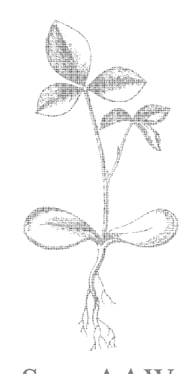
Основана в 1947 году

Выпуск 1024

Ю. В. КОСТЫКОВ

ПРИКЛАДНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ





МОСКВА
«ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.94
К72
УДК 621.397.13

Костыков Ю. В.

К72 Прикладное телевидение. — М.: Энергия, 1980. — 72 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1024).

40 к.

Кратко изложены основные принципы устройства и работы телевизионной аппаратуры, особенности систем прикладного телевидения, приведены основные данные о выпускаемых промышленных телевизионных установках. Рассмотрены вопросы применения телевизионной техники для прикладных (не вещательных) целей: на производстве и транспорте, в науке и медицине.

Рассчитана на широкий круг читателей.

$К\frac{30403\text{-}388}{051(01)\text{-}80}$ 246-80. 2402020000

ББК 32.94
6Ф3

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время телевидение стало неотъемлемым спутником нашей жизни. Число телевизоров у населения нашей страны достигает 65 миллионов. Телевизионные передачи смотрят не только жители крупных городов страны. Голубые огоньки загорелись у сахалинских рыбаков, якутских алмазо- и золотодобытчиков, сибирских нефтяников, у строителей БАМа. Подавляющее большинство наших семей имеют телевизоры. Мы смотрим передачи о последних событиях дня, происходящих в самых удаленных уголках земного шара, «присутствуем» на съездах, конференциях, при выступлениях руководителей партии и правительства, ученых. Многие свободные вечера мы проводим у голубого экрана, просматривая театральные спектакли, спортивные состязания, кинофильмы, слушая концерты.

С подобным использованием телевидения мы уже свыклись. Оно стало для нас обычным и повседневным. Однако применение телевизионной техники далеко не ограничивается приемом вещательных программ. Телевизионная техника обладает рядом исключительных свойств и особенностей, чрезвычайно расширяющих возможности нашего зрения, а иной раз даже и других органов чувств. Она позволяет:

видеть явления, процессы и события, происходящие на далеких расстояниях;

видеть объекты и процессы, находящиеся за непрозрачными преградами и средами;

быть наблюдателями одной сцены одновременно многим лицам;

наблюдать события, происходящие одновременно в разных местах;

видеть объекты, освещенные инфракрасными, ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами;

управлять яркостью, контрастностью, масштабом и цветом изображения различных объектов.

Таким образом, телевидение дает возможность видеть и контролировать то, что по тем или иным причинам недоступно непосредственному наблюдению, в том числе при использовании оптических приборов. Более того, на основе анализа видеосигнала телевизионная техника позволяет автоматически получать ту или иную информацию о свойствах, характеристиках и состоянии наблюдаемых объектов (телевизионные автоматы).

Все это способствует широкому использованию телевидения в многообразных областях человеческой деятельности. По этой причине наряду с телевизионным вещанием все большее распространение получают системы прикладного телевидения, которые применяются в различных отраслях промышленности и на транспорте, в медицине и астрономии, космонавтике и метеорологии, в военном

деле и многих других областях науки, техники и народного хозяйства.

В одних случаях прикладные телевизионные установки почти ничем не отличаются от систем вещательного назначения, они лишь приспособлены для решения соответствующих задач. В других случаях системы прикладного телевидения значительно отличаются от систем телевизионного вещания. Так, например, как узнаем позднее, в телевизионных автоматах вообще может не быть изображения и могут даже не предусматриваться средства для его получения (приемная трубка, экран).

В книге после ознакомления с принципами устройства и работы телевизионной аппаратуры рассматриваются особенности прикладных систем и отличия их от вещательных, даются назначения и основные технические характеристики выпускаемых промышленностью прикладных телевизионных установок (ПТУ) и, наконец, рассматриваются основные направления прикладного телевидения с невещательным стандартом разложения (малокадровое телевидение, телевизионная автоматика и т. п.).

Брошюра рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся вопросами прикладного телевидения, — подготовленных радиолюбителей, а также различного рода специалистов, впервые встречающихся с телевизионной техникой, которым предстоит использовать ее для решения конкретных задач прикладного характера.

Отзывы следует присылать по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия», Редакция массовой радиобиблиотеки.

Автор

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Механизм зрения

Видеть окружающие нас предметы можно только при наличии света, т. е. электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 0,38 до 0,78 нм, к которому чувствителен глаз человека.

Источниками света обычно служат накаленные тела (солнце, нить электролампы). Это так называемые тепловые источники. Кроме них встречаются источники, в которых излучение света происходит за счет ионизации при электрическом разряде (газосветные лампы), ударов быстролетящих электронов (экраны электроннолучевых трубок), облучения рентгеновскими или гамма-лучами и т. п.

Освещенные тела отражают большую или меньшую часть света, так, например, чистый мел отражает около 95% упавшего света, а черный бархат только примерно 0,5%.

Коэффициент отражения, т. е. отношение отраженного света к падающему, для большинства предметов зависит от длины световой волны. Поэтому состав отраженного света качественно отличается от падающего и предметы, по-разному отражая падающий свет, различаются по цвету.

Излученный или отраженный каждой точкой наблюдаемого объекта свет является источником зрительной информации об этом объекте. Попадая в глаз, свет преломляется в прозрачном чечевицеобразном теле — хрусталике и фокусируется на внутренней оболочке глаза — сетчатке, образуя на ней двухмерное оптическое изображение. Это изображение представляет собой распределение освещенностей, соответствующее отражательной способности (а, следовательно, яркости и цветности) отдельных точек наблюдаемого объекта. Световая энергия оптического изображения возбуждает свето- и цветочувствительные окончания зрительных волокон — рецепторы, образующие сетчатку, и от них в зрительные центры коры головного мозга поступают сигналы о яркости, цветовом тоне и чистоте цвета (разбавленности его белым) данного участка сетчатки. Поскольку зрительный нерв содержит около миллиона отдельных нервных волокон, то головной мозг *одновременно* получает информацию о яркости и цветовых характеристиках примерно миллиона отдельных участков наблюдаемой сцены. В результате в сознании человека возникает соответствующий зрительный образ. Итак, процесс восприятия зрительных образов заключается в одновременном получении информации о световых характеристиках множества отдельных участков оптического изображения, спроектированного хрусталиком на сетчатку глаза.

2—626

Передача и прием изображений по электрическим каналам связи

Учитывая рассмотренный выше механизм зрения, можно заключить, что для воспроизведения изображения какой-либо сцены или картины нужно передать на приемный конец сведения о яркости и цветности каждой ее точки. Только тогда можно увидеть, например, изображение белой вазы, красных цветов и зеленых листьев, однозначно соответствующих передаваемым сюжетам или объектам. Некоторое представление об объекте можно получить и по количеству световой энергии, отраженной каждой его точкой независимо от цвета. В этом случае изображение будет воспроизводиться в черно-белом виде, как на обычной фотографии.

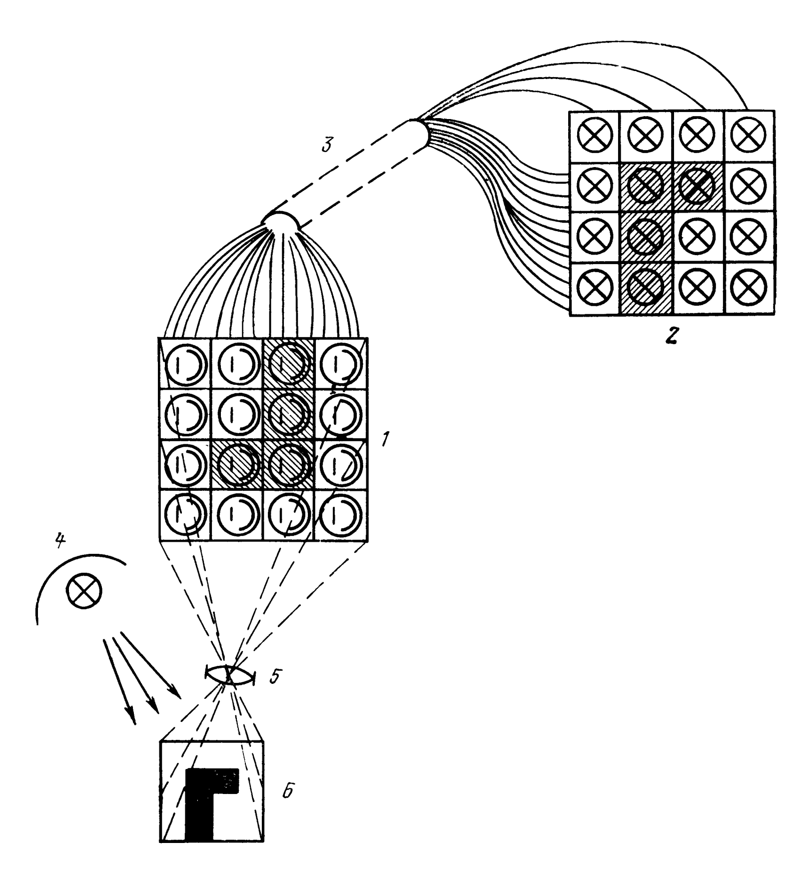


Рис. 1. Проект телевизионной системы с одновременной (параллельной) передачей сигналов.

1 — передающая панель с фотоэлементами; *2* — приемная панель с электролампами; *3* — многожильный кабель; *4* — источник освещения; *5* — объектив; *6* — объект передачи.

С выяснением механизма зрения, открытием светочувствительности селена (изменением его сопротивления под действием света) и изобретением электрической лампы (преобразователя электрической энергии в световую) стали появляться проекты устройств передачи изображений по электрическим каналам связи.

Для получения на приемном конце высококачественного черно-белого изображения необходимо передать сведения о яркости каждой точки, т. е. передаваемое изображение необходимо разбить на бесконечно большое число элементарных площадок — точек и передавать сигнал яркости каждой точки по отдельному каналу связи. Такие устройства с одновременной (параллельной) передачей сигналов оказались неосуществимыми.

Более реальным был проект, где передаваемое изображение разлагалось на конечное число небольших площадок (рис. 1). Но это устройство оказалось также практически нереализуемым. Дело в том, что для получения даже очень грубого и нечеткого изображения его необходимо подобно мозаике представить как минимум в виде тысячи отдельных площадок однородной яркости, и, следо-

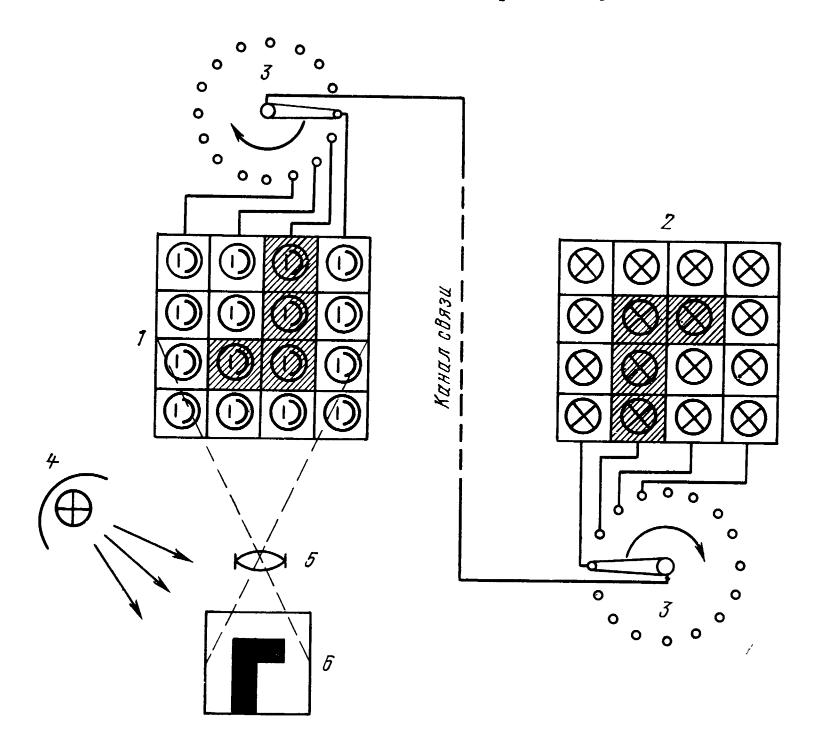


Рис. 2. Система с поочередной (последовательной) передачей сигналов по одному каналу связи.

1 — передающая панель с фотоэлементами; *2* — приемная панель с электролампами; *3* — коммутатор; *4* — источник освещения; *5* — объектив; *6* — **объект передачи.**

вательно, использовать такое же количество отдельных каналов связи.

На помощь пришло одно из свойств зрения, а именно его инерционность. Оно заключается в том, что зрительные ощущения возникают при воздействии света и исчезают при его прекращении не мгновенно, а сравнительно медленно, примерно в течение десятой доли секунды. Широко известна детская забава, подтверждающая инерционность зрения. Если в темноте быстро вращать тлеющий уголек, то видна не светящаяся точка, а круг. Изменив траекторию движения уголька, можно получить светящуюся восьмерку или какой-либо другой контур. А если бы удалось на части траектории гасить уголек, а затем его вновь зажигать, то можно воспроизвести букву С или З и т. д. Эту особенность зрения было предложено использовать при создании системы для передачи изображения по одному каналу связи (рис. 2). В этом устройстве на панель с фотоэлементами проектируется оптическое изображение. Каждый фотоэлемент представляет собой один элемент разложения и дает сигнал, соответствующий средней яркости этого элемента. Коммутаторы соединяют в определенной последовательности через канал связи соответствующие фотоэлементы и лампы накаливания, в результате чего последние вспыхивают с яркостью, пропорциональной уровню приходящего сигнала, а следовательно, и средней яркости оптического изображения на данном фотоэлементе.

Если коммутаторы на передающем и приемном концах совершают один оборот за время 0,1 с или быстрее, то глаз будет еще «помнить» яркость вспышки первой лампы, тогда как уже передадутся сигналы для всех последующих ламп, т. е. глаз воспримет полное изображение, образованное всеми вспыхнувшими с различной яркостью лампами.

Принцип последовательной передачи сигналов яркости отдельных элементов изображения резко упростил создание канала связи для передачи изображений и получил применение во всех последующих, в том числе и современных системах телевидения.

Последовательность передачи сигналов от элементов разложения может быть любой. Важно, чтобы все сигналы были переданы по одному разу за время менее 0,1 с. Но по ряду соображений оказалось более удобным принять привычную последовательность, как при чтении: слева направо вдоль горизонтального ряда — строки и сверху вниз при переходе от одного ряда к другому (от строки к строке).

Ползунки коммутаторов приемника и передатчика должны вращаться с одинаковой угловой скоростью (синхронно) и согласованно (синфазно). Когда к приемному устройству подходит сигнал от какого-то определенного элемента, например от 10-го элемента 20-й строки, то ползунок коммутатора на приемном конце должен быть соединен именно с 10-м элементом 20-й строки.

Электронное телевидение

В первых телевизионных системах развертка изображения осуществлялась при помощи механически вращающихся устройств, они получили название механических. Основным недостатком этих систем были низкая четкость и малая светочувствительность передающих устройств. Из общего светового потока, образующего на фоточувствительной поверхности оптическое изображение, в электриче-

ский сигнал преобразовывалась лишь малая доля, приходящаяся на один элемент, включенный коммутатором в данное мгновение в тракт передачи. Такие системы получили также название систем мгновенного действия.

При попытках улучшить четкость передаваемых изображений, а для этого необходимо было увеличить количество элементов разложения, соответственно уменьшалась доля преобразуемого в электрический сигнал светового потока. В результате видеосигнал оказывался настолько слабым, что его нельзя было усилить. Он оказывался слабее собственных шумов фотоэлемента и усилителя.

Существенно повысить светочувствительность телевизионных систем и получить при этом изображения достаточно высокой четкости удалось с помощью систем электронного телевидения, работающих с накоплением зарядов. В них как для передачи (для преобразования оптического изображения в электрические сигналы), так и для приема (для преобразования электрических сигналов в видимое изображение) используются специальные электроннолучевые приборы — передающие и приемные телевизионные трубки. В них развертка осуществляется с помощью безынерционного электронного луча.

К настоящему времени разработаны и получили широкое применение два типа передающих трубок, работающих с накоплением зарядов: трубки с использованием внешнего фотоэффекта (суперортиконы) и трубки с использованием внутреннего фотоэффекта (видиконы).

Внешним фотоэффектом, как известно, называется явление выбивания из облучаемого вещества наружу электронов вещества квантами падающего света.

Внутренним фотоэффектом называется явление сбивания квантами света электронов с их орбит, отчего они становятся «свободными» и увеличивают проводимость облучаемого вещества.

Трубки с внешним фотоэффектом имеют следующие основные узлы:

1) светочувствительную поверхность — фотокатод, представляющий собой тонкий слой специального материала, способного излучать фотоэлектроны под действием падающего на него света (рис. 3);

2) электронный прожектор, образующий узкий пучок электронов — электронный луч. Прожектор состоит из термокатода, управляющего электрода и анода. Кроме этих, обязательных для каждой трубки электродов, в некоторых трубках могут встретиться также и другие электроды (ускоряющие, фокусирующие, тормозящие и др.);

3) мишень, на которую переносится электронное изображение, образованное выбитыми светом из фотокатода фотоэлектронами. На мишени возникает распределение зарядов — потенциальный рельеф, считываемый электронным лучом.

С помощью специальной фокусирующей катушки внутри передающей трубки создается постоянное однородное магнитное поле, вектор которого совпадает с осью трубки. Оно способствует более точной фокусировке электронного луча и переносимого на мишень электронного изображения. Кроме того, имеются две пары отклоняющих катушек, по которым протекают пилообразные токи, создающие линейно изменяющиеся во времени поперечные магнитные поля. Они вызывают равномерное отклонение электронного луча по

горизонтали (по строкам) и по вертикали (по кадрам). Так как частота отклонения по кадрам берется значительно ниже, чем по строкам, то за время прохождения сверху вниз электронный луч успевает сделать множество (несколько сотен) отклонений по строкам и таким образом обегает всю площадь изображения (рис. 4).

Из фотокатода под действием световой энергии оптического изображения вылетают фотоэлектроны, плотность которых пропорциональна освещенности отдельных точек. Фотоэлектроны под влиянием ускоряющего электрического и фокусирующего магнитного полей вновь собираются в одной точке в плоскости мишени и за счет вторичной электронной эмиссии образуют на мишени потен-

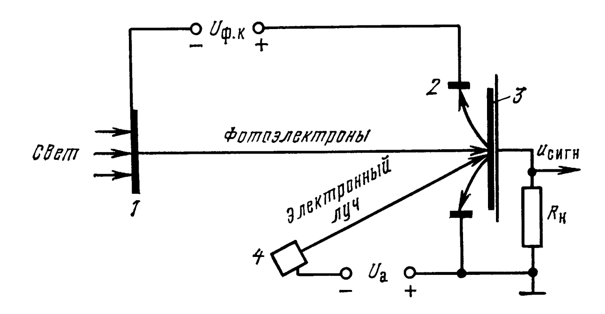


Рис. 3. Принцип работы передающей телевизионной трубки с внешним фотоэффектом и с накоплением зарядов.

1 — фотокатод; *2* — коллектор (анод); *3* — мишень; *4* — электронный прожектор.

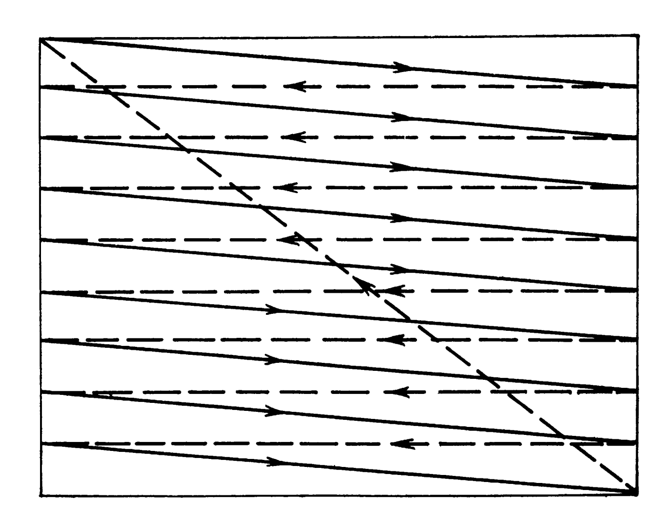


Рис. 4. Траектория движения луча (растр) при построчной развертке (число строк в изображении $Z=9$).

циальный рельеф, соответствующий распределению освещенности в передаваемом изображении.

Электронный луч под действием полей отклоняющих катушек обегает все элементы мишени. При коммутации мишени электронным лучом через нагрузочный резистор $R_н$ протекает ток (видеосигнал), мгновенное значение которого соответствует освещенности отдельных элементов мишени.

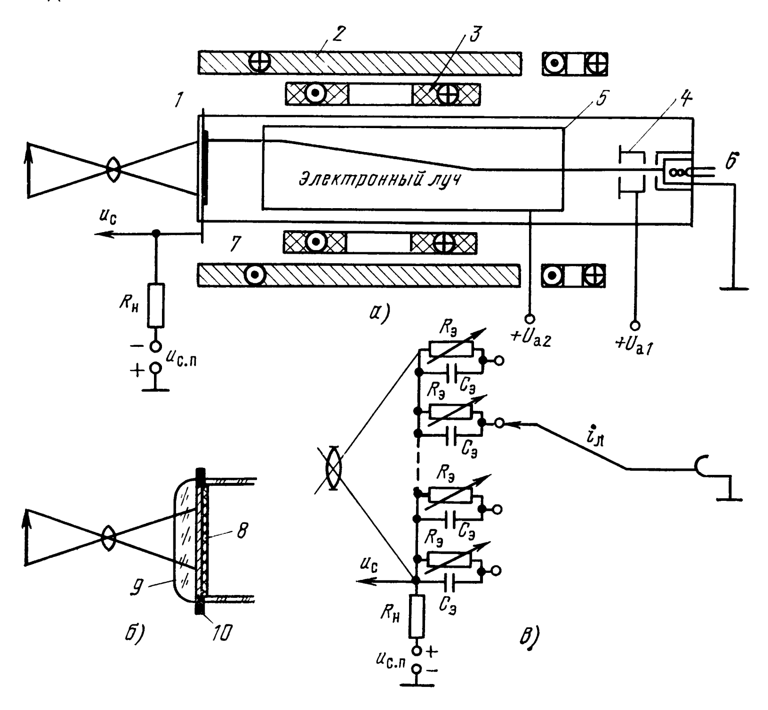


Рис. 5. Устройство трубки с внутренним фотоэффектом — видикона (*а*), конструкция фотопроводящей мишени (*б*) и эквивалентная схема видикона (*в*).

1 — мишень; *2* — фокусирующая катушка; *3* — отклоняющая катушка; *4* — анод 1; *5* — анод 2; *6* — катод; *7* — сигнальная пластина; *8* — фотопроводник; *9* — стеклянная шайба; *10* — кольцевой вывод сигнальной пластины.

В трубках с использованием внутреннего фотоэффекта основными узлами являются электронный прожектор и фотопроводящая мишень. Последняя состоит из сигнальной пластины — тонкого полупрозрачного слоя металла, нанесенного на стеклянную шайбу, и слоя фотопроводника (рис. 5,*а*, *б*).

В упрощенном виде работа этих трубок может быть пояснена следующим образом. Каждый элемент фотопроводящей мишени можно представить в виде параллельного соединения элементарной емкости $C_э$ и фотосопротивления $R_э$ (рис. 5,*в*), т. е. полупроводника, сопротивление которого уменьшается при освещении. При

коммутации мишени электронным лучом элементарные емкости заряжаются до напряжения, приложенного к сигнальной пластине (10—30 В).

При проекции оптического изображения на мишень сопротивления элементов в зависимости от их освещенности оказываются различными (на мишени образуется «рельеф сопротивлений»). Элементарные емкости между моментами коммутации разряжаются в различной степени, в результате чего на мишени возникает потенциальный рельеф.

Считывающий луч во время коммутации подзаряжает элементарные емкости мишени, оставляя на светлых элементах больше электронов, чем на темных. Эти изменения заряжающего элементарные емкости тока образуют на нагрузочном резисторе $R_н$ выходной сигнал.

Таким образом, в передающих трубках с накоплением зарядов образование потенциального рельефа за счет заряда (или в видиконах разряда) элементарных емкостей мишени осуществляется непрерывно в течение времени от одной коммутации данного элемента до следующей, т. е. за время одного кадра. Считывание потенциального рельефа (компенсация зарядов на элементарных емкостях) происходит быстро большим током за время коммутации одного элемента разложения. Поэтому увеличение количества элементов разложения не вызывает ослабления видеосигнала, как это наблюдается в системах мгновенного действия.

Структурная схема системы электронного телевидения

Структурная схема системы электронного телевидения приведена на рис. 6. Видеосигнал, создаваемый передающей телевизионной трубкой, усиливается видеоусилителем и поступает в радиопередатчик (рис. 6,*а*). Модулированные высокочастотные колебания направляются в антенну и излучаются в окружающее пространство.

Блок развертки служит для создания пилообразных токов строчной и кадровой частоты, питающих отклоняющие катушки (ОК) и осуществляющих движение электронного луча по мишени трубки. Синхрогенератор предназначен для выработки импульсов синхронизации, которые управляют частотой и фазой колебаний генераторов блока развертки. Кроме того, синхроимпульсы поступают в видеоусилитель, где подмешиваются к видеосигналу для синхронизации развертки приемных телевизионных устройств. Совокупность видеосигнала, соответствующего распределению яркости в передаваемом изображении, импульсов синхронизации и некоторых других вспомогательных импульсов называется полным телевизионным сигналом.

В приемном устройстве (рис. 6,*б*) полный телевизионный сигнал после усиления и детектирования подается на управляющий электрод приемной трубки — кинескопа. Сигнал вызывает изменеиие интенсивности электронного луча. Одновременно полный телевизионный сигнал поступает в селектор, где из него выделяются синхроимпульсы. Эти импульсы подаются в блок развертки — генераторы пилообразных токов строчной и кадровой частот — и обеспечивают их синхронную и синфазную работу с генераторами разверток передающей трубки. В результате на экране приемной трубки, покрытом люминофором, способным светиться под влиянием электронной бомбардировки, возникает телевизионное изображение.

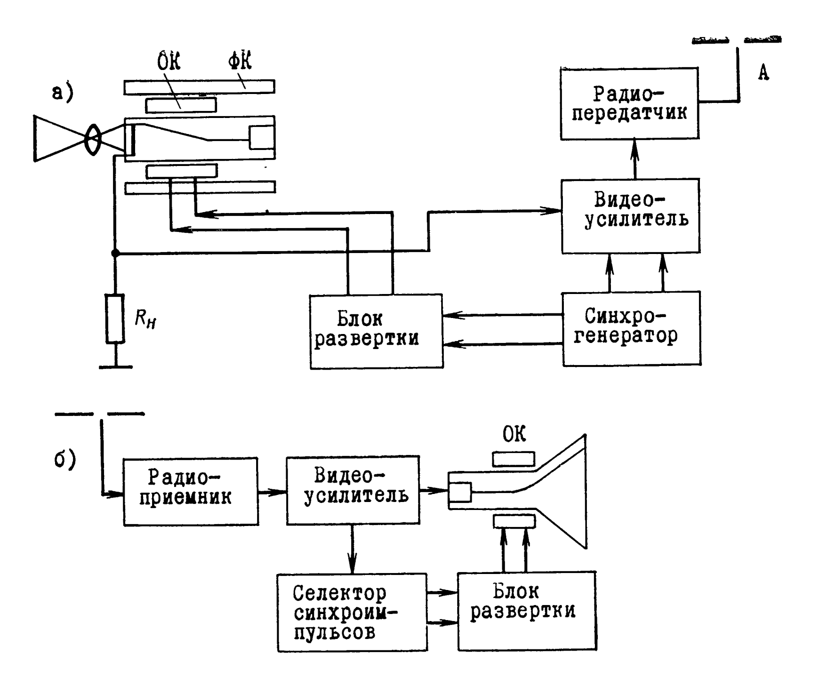


Рис. 6. Упрощенная структурная схема электронного телевидения.
а — передающая часть; *б* — приемная часть.

Параметры телевизионных систем

Важнейшим параметром телевизионного изображения является четкость. Она определяется общим количеством элементов, на которое разбивается или, как говорят специалисты, разлагается передаваемое изображение. Чем больше число элементов, на которое разлагается изображение, тем более четким и детальным оно получится на выходе системы. Однако при увеличении числа элементов разложения возрастает (при прочих равных условиях) полоса частот видеосигнала, повышаются требования к каналу связи, аппаратура становится сложнее и дороже.

Нетрудно показать, что если отношение ширины изображения b к его высоте h равно $k=b/h=4/3$ и разложение осуществляется на Z строк, то в каждой строке будет $kZ=\frac{4}{3}Z$ элементов. Все изображение будет состоять из $N=kZ\,Z=\frac{4}{3}Z^2$ элементов.

Пусть в секунду передается n полных изображений (кадров). Тогда общее количество элементов, переданное за это время, составит $nN=kZ^2n$. И, наконец, если соседние элементы будут чередоваться по яркости (черный, белый, черный, белый и т. д.), то

каждая пара элементов даст один период колебаний, соответствующий сигналу наиболее высокой частоты:

$$F_{\text{макс}} = \frac{nN}{2} = \frac{kZ^2 n}{2} = \frac{kZ^2}{2T_{\text{к}}}, \text{*} \quad (1)$$

где $T_{\text{к}}$ — период кадровой развертки ($T_{\text{к}}=1/n$).

Наиболее низкая частота видеосигнала $F_{\text{мин}}$ равна частоте кадров n, т. е.

$$F_{\text{мин}}=n=1/T_{\text{к}}. \quad (2)$$

В первых примитивных с современной точки зрения телевизионных системах применялось разложение изображений на 1200 элементов (30 строк и 40 элементов в строке). Затем число строк систематически росло (120, 240, 343, 405, 441, 525, 625, 819). Сейчас в системах телевизионного вещания большинства стран мира принято разложение на 625 строк ($4 \cdot 625/3 \approx 833$ элемента в строке, а всего в изображении около 521 тыс. элементов).

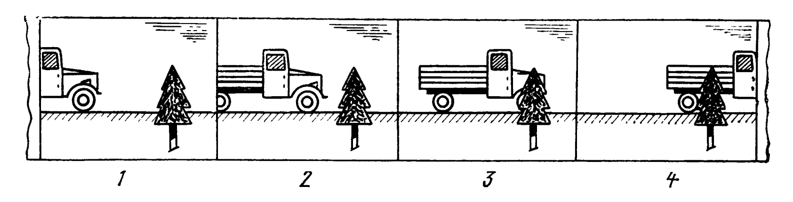


Рис. 7. Серия неподвижных изображений с различными фазами движения позволяет получить иллюзию движущихся изображений.

Как уже отмечалось, передача сигналов изображений по одному каналу связи оказалась возможной благодаря инерционности зрения. Для получения зрительных образов необходимо изображение разбить на элементы и последовательно передавать сообщения об их яркости примерно за 0,1 с. Однако, как показал опыт работы с телевизионными системами, такая скорость передачи одного кадра недостаточна. Причин этому несколько.

Как известно, по телевидению передаются как неподвижные, так и движущиеся изображения. Иллюзия движущихся изображений создается в результате передачи серии неподвижных, соответствующих различным фазам движения (рис. 7). Получить цельное впечатление о движущихся изображениях можно, если частота кадров n примерно равна 16 Гц. Но при такой частоте глаз ощущает неприятные мелькания экрана. Чтобы их устранить, необходимо взять частоту кадров выше так называемой критической частоты мелькания $n_{\text{кр}}$, при которой они перестают восприниматься.

* Приведенная методика позволяет рассчитать так называемые номинальные значения числа элементов разложения и максимальной частоты видеосигнала. В действительности число реальных элементов разложения и максимальная частота видеосигнала будут несколько меньше, так как часть элементов в строке и часть строк в кадре, приходящиеся на обратные ходы луча, не передаются, а гасятся гасящими импульсами.

При обычных яркостях телевизионного экрана критическая частота мелькания примерно равна 46 Гц. Но при такой частоте кадров довольно трудно избавиться от помех, возникающих от сети (фон переменного тока 50 Гц). Для их устранения желательно принять частоту кадров точно равной частоте сети («привязать» частоту кадров развертки к частоте сети). Однако при этом получается чрезвычайно широкий спектр частот видеосигнала. Если в выражение (1) подставить соответствующие значения входящих

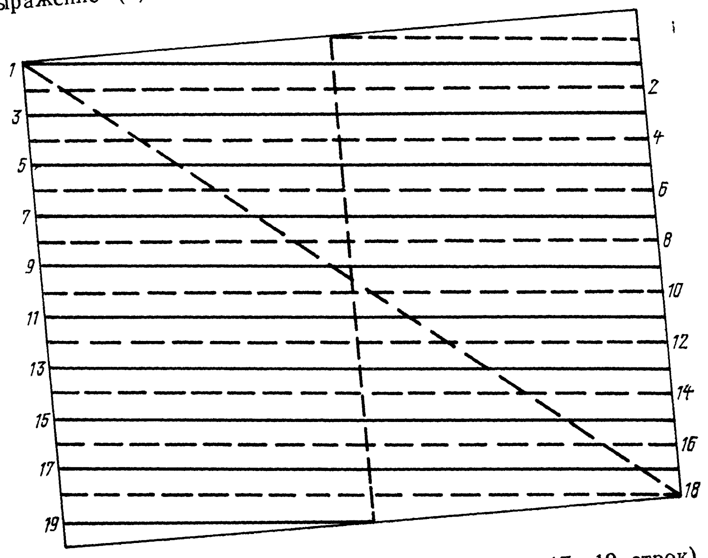


Рис. 8. Растр при чересстрочной развертке ($Z=19$ строк).

в него величин, нетрудно убедиться, что высшая частота спектра видеосигнала

$$F_{\text{макс}} = \frac{4 \cdot 625^2 \cdot 50}{3 \cdot 2} \approx 13 \text{ МГц}.$$

Это обстоятельство приводит к значительному усложнению канала связи и телевизионной аппаратуры. Чтобы преодолеть эти трудности, было предложено использовать не рассмотренное выше построчное (прогрессивное) разложение, а так называемое чересстрочное. При чересстрочном разложении каждый кадр делится на две части — два полукадра (поля). Сначала в первом поле передаются нечетные строки изображения (рис. 8, сплошные линии), затем во втором поле — четные (пунктирные линии). Частота полукадров при чересстрочном разложении берется равной частоте сети (50 Гц), что немного выше критической частоты мелькания. В то же время снижается в 2 раза максимальная частота видеосигнала, так как частота полных кадров n при чересстрочной развертке составляет всего лишь 25 Гц. Вследствие указанного чересстрочное разложение получило применение во всех без исключения вещательных телевизионных системах.

В системах прикладного телевидения, чтобы не усложнять аппаратуру применением чересстрочного разложения, иногда жертвуют четкостью изображений и применяют построчное разложение с 50 кадрами. При этом в изображении вместо 625 строк получается всего лишь 312. В других случаях мирятся с мельканиями и применяют частоту кадровой развертки ниже критической 25—40 Гц. Наконец, в некоторых случаях, когда заведомо известно, что передаче подлежат изображения практически неподвижных объектов (поверхность Луны или планет), применяют системы малокадрового телевидения.

Полный телевизионный сигнал

Как уже отмечалось, для получения на экране телевизора высококачественного устойчивого изображения на передающем конце системы должен быть сформирован полный телевизионный сигнал, состоящий из собственно сигнала изображения и ряда вспомогательных импульсов.

Рассмотрим назначение и структуру этих импульсов. Электронный луч приемной трубки, совершая обратный ход развертки (справа — налево и снизу — вверх), не должен создавать паразитной засветки экрана. Электронный луч передающей трубки во время обратного хода также не должен считывать потенциальный рельеф мишени. Для устранения этих явлений используются специальные строчные и кадровые гасящие импульсы. Их длительность должна несколько превышать длительность обратных ходов разверток. В соответствии с ГОСТ 7845-79 на основные параметры системы телевизионного вещания длительность строчного гасящего импульса равна 12 мкс, а кадрового 25 H (H — период строчной развертки, равный 64 мкс). Следовательно, длительность кадрового гасящего импульса составляет 1600 мкс. По амплитуде эти импульсы должны несколько отличаться от уровня черного, чтобы надежно запирать трубку и предохранять устройство синхронизации от случайных воздействий помех и сигналов от очень черных мест изображения.

Для обеспечения синхронности и синфазности разверток приемного и передающего устройств в полный телевизионный сигнал замешивают строчные и кадровые синхронизирующие импульсы. Чтобы синхроимпульсы не влияли на изображение и достаточно простыми средствами выделялись из полного телевизионного сигнала, их располагают на вершинах гасящих импульсов в так называемой области «чернее черного». Гасящие импульсы служат как бы подставкой (пьедесталом) для импульсов синхронизации. В процессе синхронизации основную роль играет передний фронт синхроимпульсов. Чем круче фронт, тем точнее будет синхронизация. Строчные и кадровые синхроимпульсы значительно различаются по длительности, что облегчает их разделение. Длительность строчного синхроимпульса в вещательном телевидении равна 4,7 мкс; кадрового 2,5 H=160 мкс. Примерный вид полного телевизионного сигнала приведен на рис. 9.

Строчные и кадровые синхроимпульсы (синхросмесь) отделяются в приемнике от сигнала изображения и гасящих импульсов амплитудным селектором — ограничительным каскадом, пропускающим только то, что расположено ниже уровня гашения.

Строчные синхроимпульсы выделяются из синхросмеси при помощи дифференцирующей цепочки (рис. 10,*а*). Ее постоянная вре-

мени RC берется значительно меньше длительности импульсов. За время прохождения импульса емкость C успевает полностью зарядиться, и напряжение на выходном резисторе цепочки R падает практически до нуля. При прохождении заднего фронта импульса на выходе цепочки получается выброс обратной полярности, не оказывающий влияния на работу системы синхронизации.

Кадровые синхроимпульсы выделяются из синхросмеси при помощи интегрирующей цепочки (рис. 10,*б*). За время кадрового синхроимпульса конденсатор C успевает почти полностью зарядиться, тогда как короткий строчный синхроимпульс его заряжает незначительно. Подбором режима генератора кадровой развертки можно добиться того, чтобы он синхронизировался только большими по

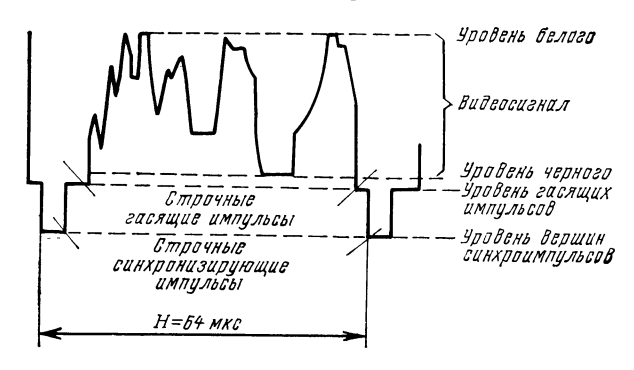


Рис. 9. Форма полного телевизионного сигнала на участке одной строки.

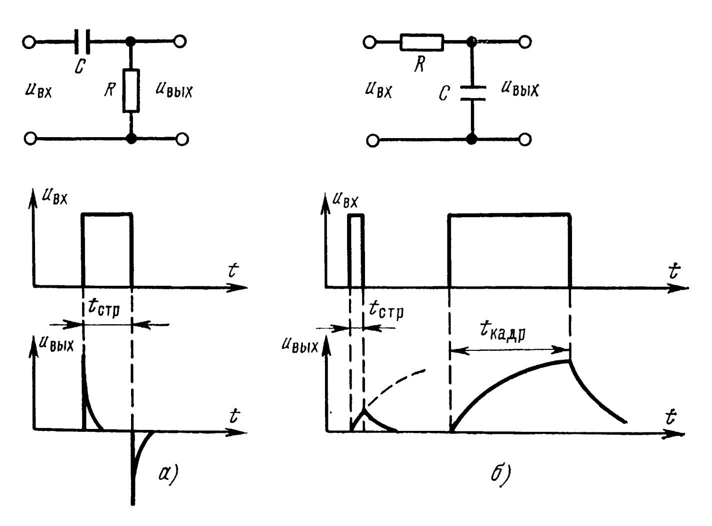


Рис. 10. Дифференцирующая (*а*) и интегрирующая (*б*) цепочки и их влияние на прохождение строчных и кадровых синхроимпульсов.

амплитуде кадровыми импульсами, а небольшие строчные синхроимпульсы не влияли на его работу.

Длительность кадрового синхроимпульса обычно превышает длительность строки, поэтому во время кадрового синхроимпульса строчные синхроимпульсы будут отсутствовать (рис. 11,*а*), генератор строчной развертки перейдет в режим автоколебаний и синхронизация может нарушиться. Для устранения нарушения синхронизма в кадровом синхроимпульсе делают так называемые «врезки» (рис. 11,*б*) — отрицательные импульсы с частотой, равной частоте строчных синхроимпульсов, но опережающие их на длитель-

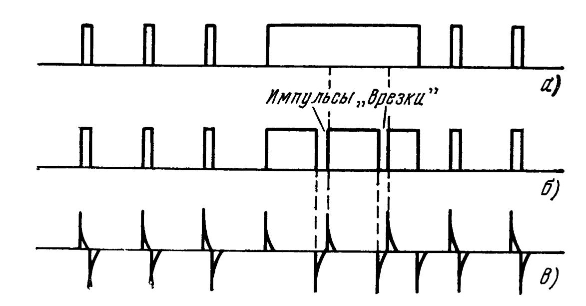


Рис. 11. Импульсы «врезки» в кадровом синхроимпульсе, обеспечивающие непрерывную синхронизацию генератора строчной развертки.

ность «врезки». По прохождении заднего фронта «врезок» через дифференцирующую цепочку на ее выходе получаются положительные импульсы, обеспечивающие непрерывную синхронизацию строчного генератора (рис. 11,*в*).

Дополнительные трудности возникают при синхронизации телевизионных устройств с чересстрочным разложением. В каждом полукадре должно укладываться целое число строк плюс 1/2 строки. Поэтому в одном поле фронт полукадрового импульса начинается через H после последнего строчного импульса (рис. 12,*а*), а в другом поле — через 0,5 H (рис. 12,*б*). «Врезки» оказываются в разных местах кадрового импульса, и результат интегрирования смежных полукадровых синхроимпульсов получается различным (рис. 12,*в*, *г*). Для наглядности графики *в* и *г* показаны на рис. 12,*д*, где кривая *г* изображена пунктиром.

Синхронизация смежных полукадров, происходящая, например, на указанном на рис. 12,*д* уровне срабатывания, будет происходить со сдвигом во времени на величину Δ, в результате чего четные строки не будут расположены точно между нечетными. Произойдет так называемое спаривание строк. Четкость в вертикальном направлении понизится. Если Δ станет равным 0,5 H, то четные строки наложатся на нечетные и в изображении вместо 625 окажутся всего лишь 312,5 строк.

Для устранения спаривания строк необходимо, чтобы выделенные путем интегрирования синхросмеси смежные полукадровые импульсы были совершенно одинаковыми по форме. Это достигается введением в полукадровые синхроимпульсы «врезок» с двой-

ной строчной частотой и размещением перед полукадровым импульсом и после него так называемых уравнивающих импульсов также с двойной строчной частотой (рис. 13). Все эти сигналы создают на выходе дифференцирующей цепи остроконечные импульсы с двойной строчной частотой.

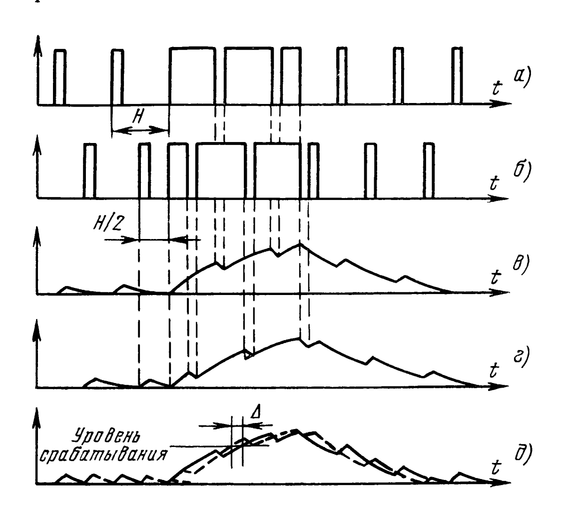


Рис. 12. Различное расположение «врезок» в четном и нечетном полукадровых синхроимпульсах и различия их кривых интегрирования.

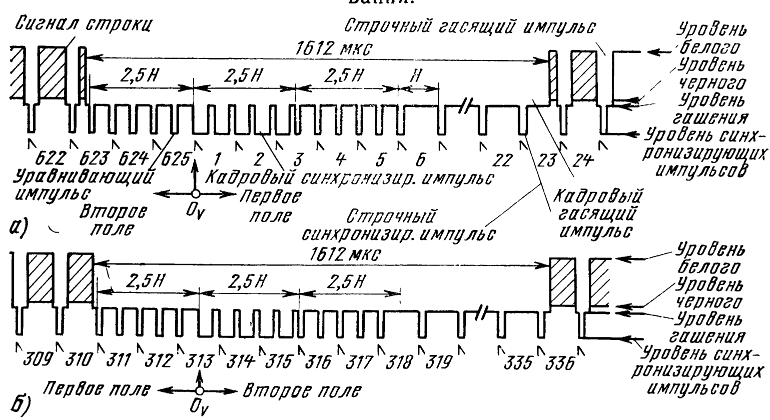


Рис. 13. Полный телевизионный сигнал вещательного телевидения СССР.

Цифры 1—625 указывают номера соответствующих строк кадра; ⌐\ — начало строки; 0_v — начало поля (полукадра);

а — полный телевизионный сигнал в начале каждого первого поля; *б* — полный телевизионный сигнал в начале каждого второго поля.

Если собственная частота генератора строчной развертки установлена несколько ниже частоты строчных синхроимпульсов, а амплитуда синхроимпульсов не слишком велика, то генератор строчной развертки станет реагировать только на каждый второй импульс. Синхронизация будет осуществляться в режиме деления на два. Результаты интегрирования смежных полукадровых импульсов окажутся совершенно одинаковыми. В ряде практических случаев удовлетворительное качество изображения можно получить с упрощенным сигналом синхронизации, в котором имеются «врезки» с двойной строчной частотой и один уравнивающий импульс на расстоянии 0,5 H от переднего фронта синхронизирующего импульса первого (нечетного) полукадра (рис. 14).

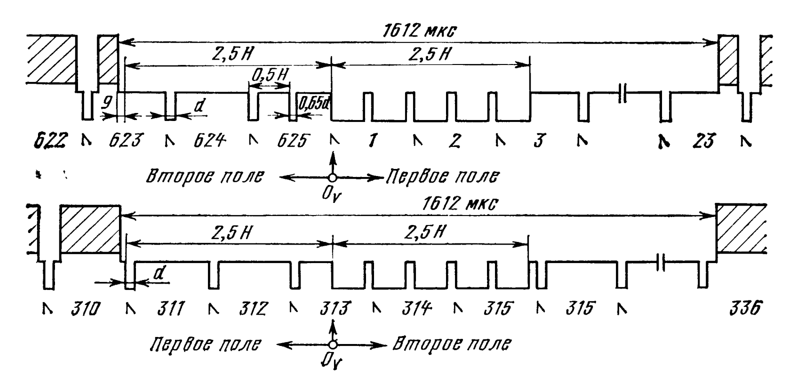


Рис. 14. Упрощенный сигнал синхронизации с одним уравновешивающим импульсом длительностью 0,65d (d — длительность строчного синхронизирующего импульса).

Для формирования всех импульсов, составляющих полный синхросигнал при чересстрочном разложении, необходим весьма сложный и громоздкий синхрогенератор. В телевизионном вещании, где на один такой генератор, установленный на телецентре, приходятся миллионы телевизоров, это требование не встречает особых затруднений, тем более что такая аппаратура обычно обслуживается специалистами высокой квалификации. По-иному обстоит дело в системах прикладного телевидения, где количество передающих и приемных устройств примерно одинаково и где передающая аппаратура нередко устанавливается на подвижных или необслуживаемых объектах и к ней предъявляются повышенные требования по массе, габаритам, надежности и простоте обслуживания.

Передающие телевизионные трубки

В телевизионных системах прикладного назначения можно встретить много разнообразных типов передающих трубок и их модификаций. В зависимости от условий работы аппаратуры применяются трубки с накоплением зарядов и мгновенного действия. Из трубок с накоплением зарядов, кроме рассмотренного выше видикона, широко используется одна из наиболее совершенных и

сложных передающих трубок — суперортикон. В системах мгновенного действия применяются устройства с «бегущим лучом». Рассмотрим кратко устройство и принцип работы этих передающих трубок.

Суперортикон. Конструктивно суперортикон состоит из трех секций: секции переноса электронного изображения, секции считывания или коммутации и секции вторично-электронного умножения, заключенных в стеклянный баллон.

Секция переноса включает в себя полупрозрачный фотокатод *1* (рис. 15), ускоряющий электрод *2* и двустороннюю мишень *3* с мелкоструктурной сеткой *4*. Мишень представляет собой пленку из полупроводящего стекла. Толщина ее 3—5 мкм, коэффициент вто-

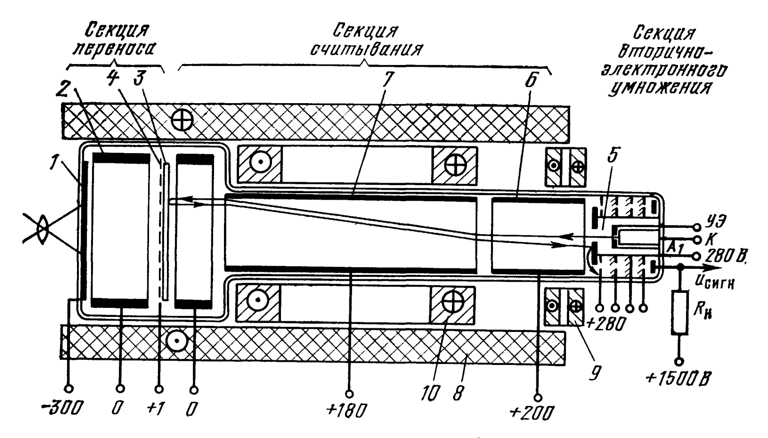


Рис. 15. Устройство передающей трубки типа суперортикон.

ричной эмиссии $\sigma=4\div5$. Сетка расположена на расстоянии 30—60 мкм от мишени и имеет очень мелкую структуру (400—900 отверстий на 1 мм^2, прозрачность 60—70%). На сетку подается положительный потенциал 1—3 В.

Секция считывания (коммутации) состоит из электронного прожектора *5*, второго анода *6*, третьего анода *7* и двусторонней мишени *3*. В состав электронного прожектора входят подогревный катод *К*, управляющий электрод *УЭ* и первый анод *А*.

Секция вторично-электронного умножения состоит из нескольких (обычно пяти) кольцевых электродов — динодов. Потенциал каждого последующего динода, начиная с первого анода, берется на 100—200 В и более выше потенциала предыдущего. Сигнал в умножителе усиливается примерно в 1000 раз.

Трубка помещается внутри фокусирующей и отклоняющей системы (ФОС). Фокусирующая катушка *8* создает однородное магнитное поле, направленное вдоль оси трубки. Оно осуществляет фокусировку фотоэлектронных пучков при переносе изображения на мишень, а также считывающего электронного пучка. Корректирующие катушки *9* служат для центровки луча при выходе его из электронного прожектора. Две пары отклоняющих катушек создают однородные поперечные, изменяющиеся во времени магнит-

ные поля для отклонения считывающего пучка по строкам и кадрам. На рис. 15 показана одна пара отклоняющих катушек *10*. Вторая пара находится вне плоскости чертежа.

Происходящие при работе суперортикона основные процессы сводятся к следующему. Под действием света из фотокатода вылетают фотоэлектроны. Они ускоряются электрическим полем, проходят через отверстия в сетке и бомбардируют мишень, выбивая вторичные электроны. Большая часть вторичных электронов улавливается близко расположенной от мишени положительно заряженной сеткой. На элементарных емкостях, образуемых сеткой и участками мишени, вследствие ухода вторичных электронов возникает потенциальный рельеф. Емкости между противоположными сторонами пленки гораздо больше накопительных емкостей (сетка—

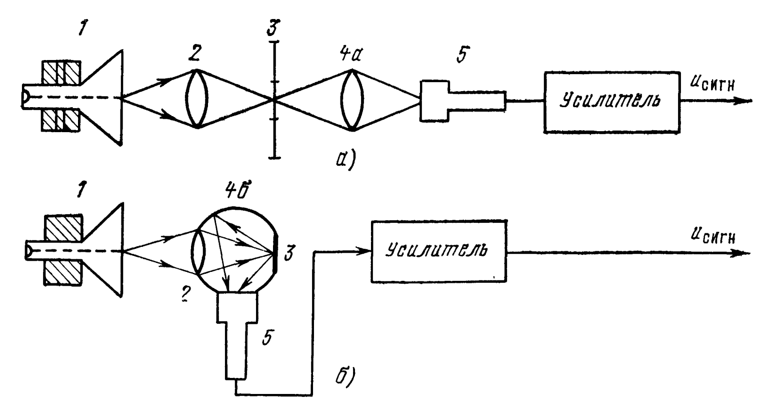


Рис. 16. Оптическая схема преобразователя с «бегущим лучом» для передачи диапозитивов (*а*) и фотографий (*б*).

1 — кинескоп; *2* — объектив; *3* — передаваемое изображение; *4а* — собирающий объектив; *4б* — светособирающий шар; *5* — фотоэлектронный умножитель.

мишень). К тому же они шунтируются поперечной проводимостью пленки. Поэтому потенциалы обеих сторон мишени практически можно считать равными. Потенциальный рельеф, получившийся на левой стороне мишени, немедленно передается на ее правую сторону (двусторонняя мишень).

Электронный прожектор формирует считывающий электронный луч, который отклоняется поперечными магнитными полями отклоняющих катушек в направлении развертки по строкам и кадрам и затормаживается полем второго и третьего анодов. При подходе электронов луча к мишени скорость их снижается практически до нуля из-за действия тормозящего электрода, на который подается нулевой потенциал. Если на мишени нет потенциального рельефа (положительных зарядов), то электроны считывающего луча, потеряв у мишени скорость, увлекаются полем анодов обратно к прожектору. Если же на мишени имеются положительные заряды, то часть электронов луча нейтрализует потенциальный рельеф, а оставшиеся электроны возвращаются на анод прожектора. Чем сильнее освещен данный участок фотокатода, тем больше будет положительный заряд на соответствующем участке мишени, и

чем большее количество электронов луча израсходуется на его нейтрализацию, тем меньше электронов возвратится обратно на первый анод трубки во вторично-электронный умножитель. Ток, протекающий через нагрузочный резистор умножителя, будет изменяться по величине в соответствии с распределением освещенности в изображении и потенциалов на мишени.

Системы с «бегущим лучом» представляют собой устройства мгновенного действия. Они широко используются для передачи изображений полупрозрачных объектов (диапозитивов, диа- и кинофильмов). Оптическая схема этой системы изображена на рис. 16,*а*. По экрану специального кинескопа *1* «бегает» сфокусированный электронный луч, создающий яркое светящееся пятно. Отклонение луча, как обычно, осуществляется двумя парами отклоняющих катушек.

Светящееся пятно проецируется объективом *2* на диапозитив или диафильм *3*. Прошедший через передаваемое изображение световой поток собирается линзой *4* на фотокатоде фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) *5*. Ток на выходе ФЭУ пропорционален прозрачности освещенной пятном фотопленки. При развертке светящееся пятно последовательно обегает всю площадь диапозитива и создает на выходе ФЭУ видеосигнал.

Система с «бегущим лучом» может работать не только «на просвет», как описано выше, но и «на отражение» (рис. 16,*б*). Тогда она сможет передавать изображения, нанесенные на непрозрачный материал (бумагу, картон и пр.). Система «бегущий луч» имеет высокую разрешающую способность и обеспечивает большое значение отношения сигнал/шум.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРИКЛАДНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ УСТАНОВКИ

Прикладное телевидение

Как уже отмечалось, наряду с огромным распространением телевизионного вещания телевизионная техника широко применяется в промышленности, на транспорте, в научных исследованиях и других областях народного хозяйства. Задачи, решаемые с помощью телевизионных средств, столь многочисленны и разнообразны, что перечислить их просто невозможно, так же как функции, выполняемые зрением человека в его многогранной жизнедеятельности.

Это второе «невещательное» направление получило название *прикладного телевидения*. Распространены также узкие, а потому не всегда точные названия: промышленное телевидение и замкнутые телевизионные системы.

Системы прикладного телевидения по конечному эффекту их использования можно разделить на две группы:

1) системы телевизионного наблюдения;

2) системы телевизионной автоматики.

Системы первой группы позволяют на известном удалении осуществлять визуальный контроль за теми или иными процессами, событиями и явлениями, непосредственное наблюдение за которыми

по каким-либо причинам невозможно, неудобно, неэффективно или опасно.

Непосредственное наблюдение в некоторых случаях исключается из-за невозможности нахождения наблюдателя в данном месте (в буровой скважине, в подводных глубинах, в космосе, в среде, наполненной ядовитыми испарениями, вредными излучениями, с непереносимой живыми организмами температурой). В других случаях эта невозможность может быть косвенной. Так, например, телевизионная аппаратура позволяет вести наблюдение объекта или процесса одновременно большому числу наблюдателей или осуществлять коллективное наблюдение объектов, которое в обычных условиях осуществляется лишь одним человеком (наблюдение в микроскоп, телескоп и т. п.). Наконец, телевидение может позволить производить наблюдения в невидимых лучах (ультрафиолетовых, инфракрасных, рентгеновских и др.).

Системы второй группы — телевизионной автоматики — наряду с созданием видимого изображения (а нередко и без него) осуществляют на основе анализа видесигнала получение информации о свойствах и характеристиках наблюдаемого объекта. Как правило, системы этой группы являются узкоспециализированными (осуществляют контроль размеров объектов, подсчитывают их число, сравнивают форму объекта с некоторым эталоном и т. п.). Позднее с некоторыми примерами телевизионной автоматики мы познакомимся подробнее.

Системы прикладного телевидения могут также подразделяться по способам развертки (системы с механической, с электромеханической и с электронной разверткой), по характеру решаемых задач (технологические системы, диспетчерские, учебные, исследовательские, военные и т. п.) или по месту их применения (подводные, подземные, космические). С некоторыми примерами применения космических телевизионных систем, представляющих широкий интерес, мы также познакомимся ниже.

Различия систем вещательного и прикладного телевидения

Хотя в основе вещательного и прикладного телевидения лежат одни и те же принципы и физические процессы, аппаратура этих двух направлений телевидения различается по построению, параметрам и конструкции.

Основные различия между аппаратурой прикладного и вещательного телевидения можно свести к следующему:

1. Аппаратура вещательного телевидения должна быть универсальной, рассчитанной на передачу изображений практически любых объектов. Она должна быть пригодной «на все случаи жизни». Исходя из этого, а также из стремления получить максимально высокое качество изображения при данном состоянии телевизионной техники на параметры вещательного телевидения установлены единые для страны (или ряда стран) государственные стандарты (в СССР ГОСТ 7845-79).

Телевизионная аппаратура прикладного назначения нередко должна передавать изображения каких-то определенных объектов, например, малоподвижных или совершенно неподвижных, только двухградационных (черно-белых, без полутонов). Это позволяет значительно упростить телевизионную аппаратуру.

Программы телевизионного вещания смотрятся в течение длительного времени. В прикладных системах наблюдение нередко занимает секунды, поэтому в них допускаются значительные мелькания, вызывающие утомление глаз при длительном наблюдении. Можно смириться и с заметностью строчной структуры на экране. Все это также позволяет упростить аппаратуру. Устанавливать жесткие стандарты на параметры прикладной телевизионной аппаратуры в настоящее время нецелесообразно. Параметры ее выбираются наиболее подходящими для конкретных случаев применения.

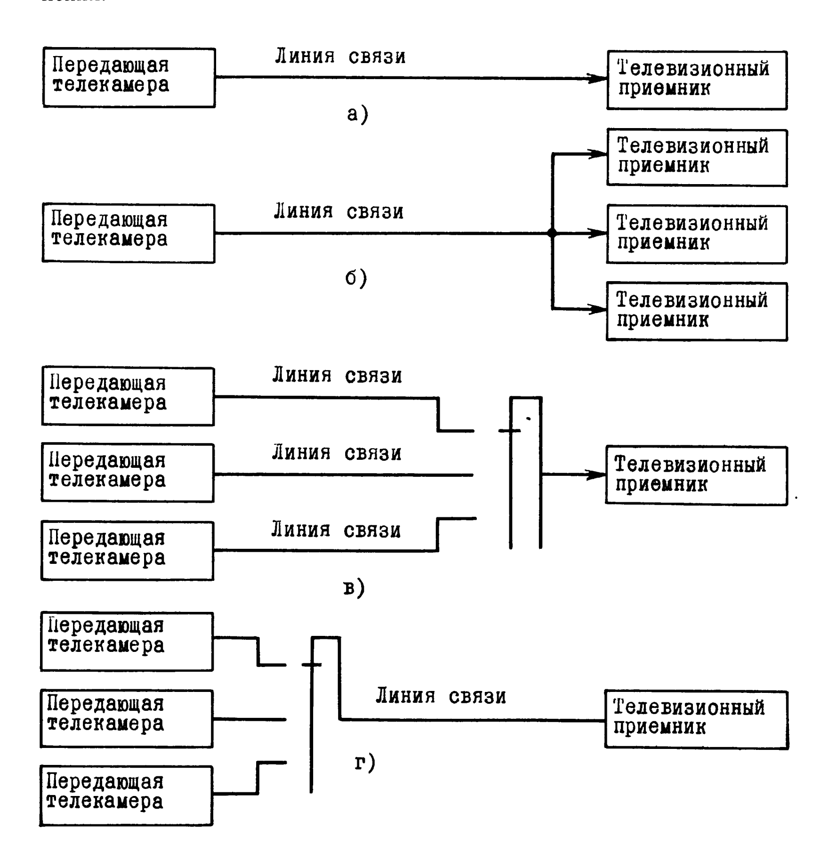


Рис. 17. Простейшие структурные схемы прикладных телевизионных установок.

2. В телевизионном вещании один передающий центр работает на большой парк приемников. Поэтому при создании вещательных систем стремятся к максимальному упрощению приемных устройств за счет некоторого усложнения передающей аппаратуры.

В прикладном телевидении, как правило, одно или несколько передающих устройств работают на один или несколько телевизионных приемников. Простейшая схема прикладной телевизионной установки приведена на рис. 17,*а*. Здесь одна телевизионная камера связана линией связи с одним телевизионным приемником.

Могут быть случаи, когда одно передающее устройство работает на несколько приемников (рис. 17,*б*) или, наоборот, несколько передающих устройств работают на один приемник (рис. 17,*в, г*).

Более сложные системы прикладного телевидения строятся путем синтеза или простого наращивания простейших схем.

В прикладном телевидении нет оснований стремиться к упрощению приемных устройств за счет усложнения передающей аппаратуры. Необходимые блоки и узлы размещают там, где это более удобно. В связи с этим в прикладном телевидении применяются следующие варианты построения систем:

а) системы, в которых большая часть функциональных узлов сосредоточена на передающей стороне — системы с усложненной передающей аппаратурой;

б) системы, в которых большая часть функциональных узлов сосредоточена на приемной стороне — системы с усложненной приемной аппаратурой;

в) системы с пропорциональным размещением функциональных узлов;

г) системы, в которых часть функциональных узлов вынесена в промежуточные блоки — многозвенные системы.

Наибольшее распространение получили варианты, показанные на рис. 17,*б* и *г*.

3. Для телевизионного вещания характерно большое разнообразие программ. Это студийные передачи, идущие из разных студий и с различных камер. Они чередуются с актуальными передачами с мест событий, с эпизодами, заснятыми на кинопленку или записанными на магнитную ленту. В ходе передачи приходится быстро коммутировать камеры и другие источники сигналов, управлять работой операторов, передвигать камеры по студии, менять оптику. Все это требует сложного комплекса коммутационного и вспомогательного оборудования. В системах прикладного телевидения доля такого оборудования несравненно меньше.

4. Возле вещательной камеры при ее работе неотступно находятся один — два оператора. У камер прикладного назначения, как правило, оператора нет. Поэтому в них органов регулировки стараются не делать, а те, без которых обойтись невозможно, делают или автоматическими, или дистанционно управляемыми.

При рассмотрении особенностей прикладных телевизионных установок нетрудно сделать вывод, что их параметры, состав, схемные и конструктивные решения при рациональном построении должны максимально согласовываться с их целевым назначением. Но в то же время это не означает, что каждая конкретная установка должна обязательно иметь какие-то резко отличные от других установок параметры и характеристики. Более того, во многих случаях условия работы телевизионной аппаратуры могут быть примерно одинаковыми, что в принципе позволяет использовать унифицированную аппаратуру. Серийное производство такой аппаратуры обеспечивает высокую технологичность, высокие качество и надежность, снижение стоимости. Все это способствует расширению областей применения прикладного телевидения.

Таким образом, телевизионные установки прикладного назначения могут быть специальными, разработанными для выполнения частных задач (телевизионные установки «Лунохода», установки для передачи изображений с Марса, для наблюдения внутренности желудка и т. п.), а также универсального применения. Последние предназначены в первую очередь для наблюдения и контроля за различными производственными процессами в промышленности и поэтому получили наименование промышленных телевизионных установок.

Основные технические параметры промышленных телевизионных установок оказалось целесообразным выбрать близкими к параметрам вещательного телевидения (чересстрочное разложение на 625 строк и 50 полей). Это позволило широко использовать в промышленных установках сложившиеся и разработанные в телевизионном вещании схемные решения и освоенные в массовом производстве узлы и детали телевизионной аппаратуры. Однако в связи со специфическими условиями эксплуатации промышленные телевизионные установки имеют много схемных и конструктивных особенностей.

Схемные особенности промышленных телевизионных установок

Важнейшим требованием, предъявляемым к установкам промышленного телевидения, является надежность. Отказ в работе промышленной телевизионной системы иногда может привести к остановке производственного процесса. Поэтому в промышленных телевизионных установках стремятся применять наиболее надежные и простые электрические схемы. Особенно широкие возможности выявились при упрощении системы синхронизации.

Достичь синхронной и синфазной работы передающего и приемного устройств можно, осуществив питание отклоняющих катушек передающей и приемной трубок от одного общего генератора развертки, что получило применение в некоторых простейших установках промышленного телевидения. Однако при этом нормальная синхронизация обеспечивается при сравнительно небольших расстояниях между передающим и приемным устройствами (примерно до 300 м).

Иногда для упрощения устройств синхронизации по каналу связи передают только строчные синхроимпульсы. Синхронизация кадровых разверток на передающей и приемной стороне осуществляется сетью переменного тока.

В большинстве промышленных телевизионных установок применяется чересстрочное разложение. Однако форму полного сигнала синхронизации и вместе с тем схему синхрогенератора удалось упростить. Так, например, часто применяется синхросмесь без уравнивающих импульсов. Чтобы уменьшить влияние на кадровую синхронизацию строчных синхроимпульсов, их сужают до 3 мкс. Кадровые синхроимпульсы делают без «врезок», а чтобы во время их действия не сбивалась строчная синхронизация, кадровые синхроимпульсы сокращают по длительности с 2,5 H до 0,5 H.

С появлением надежных полупроводниковых приборов открылся еще один путь повышения надежности телевизионной аппаратуры — замена радиоламп транзисторами.

Так, например, новые прикладные телевизионные установки ПТУ-34, ПТУ-37, ПТУ-38 и ПТУ-39 выполнены на полупроводниковых приборах (за исключением выходного каскада видеоконтрольных устройств).

Иногда, когда не требуется очень высокая четкость, для упрощения телевизионной аппаратуры чересстрочную развертку заменяют прогрессивной с разложением на 312 строк при 50 кадрах в секунду. Так, например, работа установок ПТУ-26М, ПТУ-27М, ПТУ-28, ПТУ-29, ПТУ-30 и ПТУ-31 предусмотрена как в чересстрочном режиме (625 строк, 25 кадров), так и в построчном (312 строк, 50 кадров).

Нередко для повышения надежности в промышленных телевизионных установках применяют резервирование (общее или раздельное), а также так называемые разгруженные режимы, при которых элементы схемы работают в облегченных условиях (например, исследования показали, что снижение рабочего напряжения на конденсаторах в 2 раза уменьшает число их отказов в 10 раз).

Почти во всех современных промышленных телевизионных установках для повышения надежности применяют дежурный режим, при котором анодное напряжение и полное напряжение накала включается только во время наблюдения изображения. Все остальное время напряжение накала составляет 60% от номинала. Номинальное изображение на видеоконтрольном устройстве (ВКУ) в этом случае появляется через 5—20 с после включения рабочего режима.

Промышленным телевизионным установкам часто приходится работать в резко изменяющихся условиях освещенности, поэтому в них вводятся автоматические регулировки усиления видеосигнала и режима передающей трубки, позволяющие получать достаточно стабильное изображение при изменении освещенности объектов в несколько сотен раз.

Конструктивные особенности промышленных телевизионных установок

Наиболее важными конструктивными особенностями промышленных телевизионных установок являются минимальные массы и габариты установки в целом и в особенности передающей камеры, поскольку ее, как правило, приходится устанавливать в неудобных и труднодоступных местах.

Выполнение этих требований для установки в целом достигается применением более простых электрических схем и малогабаритных ламп, узлов и деталей, заменой ламповых схем на транзисторные. В перспективе миниатюризация телевизионной аппаратуры может быть достигнута применением микромодулей и созданием аппаратуры на твердых (интегральных) схемах.

Уменьшение размеров передающей камеры достигается путем максимального переноса деталей и узлов на приемный конец аппаратуры (системы с усложненной приемной аппаратурой). В зависимости от мер, принятых для обеспечения бесперебойной работы телевизионных камер и других узлов и блоков, различают следующие виды конструктивного исполнения камер:

комнатное;

пылебрызгозащищенное;

климатическое (работа в интервале температур от $+40$ до $-40°C$, иногда до $-50°C$);

жаростойкое (работа аппаратуры при температуре окружающей среды до $+150°C$ с применением водяного охлаждения);

взрывозащищенное;

коррозиинностойкое (работа аппаратуры в среде с содержанием паров кислот и окислов азота с концентрацией до 2%).

Основное средство достижения указанных видов защиты камер заключается в применении специальных типов кожухов. Но это приводит к значительному увеличению габаритов и массы камеры, а также ухудшает условия ее охлаждения и эксплуатации.

Для расширения угла обзора телевизионные камеры в большинстве случаев снабжаются устройствами, позволяющими поворачивать камеры в горизонтальной плоскости обычно на 240° и в вертикальной — на $\pm 30°$. Поворот осуществляется при помощи малогабаритных двигателей и редукторов.

Для изменения масштаба передаваемых изображений в промышленных телевизионных установках применяют обычно сложные оптические системы (оптические головки). Последние позволяют осуществлять дистанционную фокусировку, диафрагмирование и смену 2—3 объективов. В некоторых установках применяются объективы с переменным фокусным расстоянием — вариообъективы, позволяющие плавно изменять масштаб передаваемых изображений. Наконец, в камерах с трубками типа суперортикон (точнее, с трубками, имеющими секцию переноса) применяется так называемое электронное масштабирование, позволяющее изменять размеры изображения объектов почти в два раза.

Для получения высококачественных изображений при больших изменениях освещенности объектов, кроме электрических способов, упоминавшихся выше, применяют механические — автоматическую регулировку диафрагмы, а следовательно, и освещенности на фотокатоде трубки.

Большинство камер промышленных телевизионных установок имеют цилиндрическую конструкцию.

Для обеспечения длительной работы камеры в условиях сильной запыленности применяют обдув защитного стекла камеры сжатым воздухом.

В более легких условиях по сравнению с передающей камерой работают остальные блоки промышленных телевизионных установок. Но и их конструкция должна обязательно учитывать условия окружающей среды. Например, аппаратура, эксплуатируемая в полевых условиях, должна быть транспортабельна, механически прочна, вибростойка, защищена от влаги. Для удовлетворения этим требованиям аппаратуру выполняют в виде отдельных блоков, соединяемых кабелями.

Аппаратура, предназначенная для работы в стационарных условиях, часто выполняется в виде единой стойки, удобной для эксплуатации.

Серийно выпускаемые ПТУ

В нашей стране разработаны и выпускаются различные типы промышленных телевизионных установок, в камерах которых используются передающие трубки типа видикон или суперортикон. Видиконы проще по устройству, меньше по габаритам и массе, де-

шевле, но обладают меньшей светочувствительностью (необходима освещенность объектов около 250 лк вместо 25 лк, как при работе с суперортиконами); они обладают так называемой инерционностью: потенциальный рельеф на мишени трубки не полностью снимается при однократном считывании электронным пучком, что приводит к некоторому «размазыванию» при воспроизведении изображений быстро движущихся объектов.

Таблица 1

Назначение ПТУ на видиконах

Типы установок	Назначение установок
ПТУ-26М ПТУ-27М	Непрерывное дистанционное наблюдение за производственными процессами
ПТУ-28 ПТУ-29 ПТУ-30 ПТУ-31	Дистанционное визуальное наблюдение и контроль за ходом производственных и технологических процессов
ПТУ-32	Дистанционное наблюдение за больными при естественном освещении днем и с инфракрасной подсветкой ночью
ПТУ-33	Дистанционное наблюдение и контроль за ходом различных производственных процессов. Установка многокамерная (до 32 камер)
ПТУ-34	Наблюдение и регулирование диаметра слитков полупроводников в процессе безтиглевой зонной плавки
ПТУ-37	Дистанционное наблюдение за сварочными и другими технологическими процессами в условиях повышенных индустриальных помех
ПТУ-38	Визуальный контроль сварных и паяных соединений, литья из разных материалов и изделий электронной техники при совместной работе с рентгеновскими аппаратами

В зависимости от конкретных условий эксплуатации и задач, стоящих перед данной промышленной телевизионной установкой, к ней предъявляются разнообразные требования. В обобщенном виде они сводятся к следующему:

высокая световая чувствительность и разрешающая способность;

высокая контрастность изображения;

простота настройки и эксплуатации;

высокая надежность;

дистанционное управление передающей камерой;

обеспечение бесперебойной работы при воздействии на ПТУ (в первую очередь на камеру) пыли, влаги, температуры, вибраций, агрессивных и взрывоопасных веществ и др.;

минимальные габариты и масса установки в целом и в особенности передающей камеры;

унификация блоков, узлов и деталей аппаратуры;
низкая стоимость.

С учетом этих требований разрабатывались и выпускались многочисленные промышленные телевизионные установки.

В результате совершенствования технологии производства, создания новых электронных приборов, накопления опыта эксплуатации промышленных телевизионных установок, выявления их недостатков и слабых мест созданы новые ПТУ.

Типы выпускаемых в настоящее время промышленных телевизионных установок на видиконах и на суперортиконах приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 2

Назначение ПТУ на суперортиконах

Типы установок	Назначение установок
ПТУ-101	Дистанционное наблюдение и контроль за ходом различных производственных процессов с неподвижными и быстродвижущимися объектами при малой освещенности
ПТУ-105 ПТУ-106	Дистанционное наблюдение и контроль за различными производственными процессами во взрывоопасной среде при малых освещенностях и быстродвижущихся объектах
ПТУ-107 ПТУ-108	Дистанционное наблюдение и контроль различных производственных процессов в помещениях с содержанием паров кислот и окислов азота с концентрацией не более 2%. Установки позволяют наблюдать изображения как неподвижных, так и быстродвижущихся объектов при малых освещенностях (до 25 лк)
ПТУ-109	Контроль производственных процессов и диспетчеризация производства в различных отраслях промышленности и на транспорте

Отметим, что часть технических характеристик ПТУ является общей для всех установок данной группы, т. е. для установок с видиконами или суперортиконами. Другие параметры характерны только для конкретного типа установок.

Общими характеристиками ПТУ на видиконах являются следующие:

1) освещенность объектов — не менее 250 лк;

2) разложение изображений — чересстрочное на 625 строк, 25 кадров. В большинстве типов ПТУ на видиконах предусмотрено резервное построчное разложение на 312 строк, 50 кадров. Исключение составляет ПТУ-34М, в которой используется только построчное разложение на 300 строк, 50 кадров;

3) четкость изображения (по таблице 0249) в центре 450—500 линий (в зависимости от типа передающей трубки), на краях 400—450 линий;

Таблица 3

Основные технические характеристики ПТУ на видиконах

Основные характеристики	Типы промышленных телевизионных установок (ПТУ)												
	26М	27М	28	29	30	31	32	33	34М	37	38	39	39М
Количество камер	1	1	1	1	1	От 2 до 10	5	До 32	1	1	1	1	2
Количество видеоконтрольных устройств	1	1	—	1	До 2	До 3	1	4	1	1	2	2	2
Количество телевизоров	—	—	1	—									
Предельное расстояние от камеры до видеоконтрольного устройства, м	300	300	100—200	1000	1000	1000	500	—	—	150	100	100	100
То же с линейным усилителем	—	—	—	5000	5000	5000	—	5000	—	—	—	—	—
Число градаций по ТИТ-0249, не менее	6	6	7	7	7	7	6	7	6	7	—	—	—
Угол поворота камеры, град:													
в горизонтальной плоскости	100	±180	±180	±180	±180	±180	±90	±180	—	±180	—	—	—
в вертикальной плоскости	±60	±30	±45	±45	±45	±45	±20	±45	—	±30	—	—	—
Время непрерывной работы, ч	Круглосуточно						8*	Круглосуточно		23**	7**	7**	7**
Общее количество блоков	4	4	Возможно множество вариантов				17**	240***	6	13	13	13	14
Суммарная масса, кг	82	86	Возможно множество вариантов				187***	1882***	76	69	110	110	114
Потребляемая мощность, В·А	350	350	200—3000				200—700	2850	265	200	320	320	320

* С последующим включением через 30 мин.
** С последующим включением через 1 ч.
*** Данные приведены для максимального количества блоков.

4) источник питания — сеть переменного тока 220 В, 50 Гц.

Общими характеристиками ПТУ на суперортиконах являются:

1) освещенность объектов — не менее 25 лк;

2) разложение — чересстрочное 625 строк, 25 кадров;

3) четкость изображения (по таблице 0249) в центре 500 линий, на краях 400 линий;

4) число градаций яркости (по таблице 0249) — не менее 6;

5) время непрерывной работы 23 ч (после чего требуется часовой перерыв);

6) угол поворота камеры в горизонтальной плоскости 240° (ПТУ-107 и ПТУ-108—270°), в вертикальной плоскости $\pm 30°$;

7) предельные расстояния от камеры до пульта управления — 1000 м, от пульта управления до выносного видеоконтрольного устройства 1500 м;

8) источник питания — сеть переменного тока 220 В$\pm$7,5%, 50 Гц.

Частные данные, характерные для отдельных типов ПТУ на видиконах, сведены в табл. 3, а для ПТУ на суперортиконах — в табл. 4.

Для упрощения производства и эксплуатации аппаратуры разработаны и используются унифицированные узлы и блоки: камеры телевизионные передающие (КТП), видеоконтрольные устройства (ВК), пульты управления (ПУ), устройства наведения (УН), оптические приставки (головки) (ОП), блоки питания (БП) и т. п.

Используя ограниченное количество унифицированных блоков, наращивая их число и комбинируя в нужных сочетаниях, можно получить различные варианты промышленных телевизионных установок оптимального состава и с наиболее соответствующими для каждого конкретного случая свойствами. Например ПТУ-28 — ПТУ-31 строятся именно по такому принципу. В результате даже простейшая из них (ПТУ-28) может быть реализована в восьми различных вариантах (табл. 5), частично показанных на рис. 18.

Наиболее важными унифицированными блоками при комплектации указанных выше четырех типов промышленных телевизионных установок являются передающие телевизионные камеры. Камера КТП-39 на трубке видикон ЛИ-421-С с электромагнитным отклонением и фокусировкой луча осуществляет чересстрочное разложение на 625 строк и 25 кадров. Камера КТП-40 на трубке видикон ЛИ-420-3 с электростатической фокусировкой осуществляет построчное разложение на 312 строк и 50 кадров. Обе эти камеры выдают упрощенный полный телевизионный сигнал положительной полярности с размахом в 1 В на сопротивлении 75 Ом.

В камерах устанавливаются миниатюрные радиопередатчики, обеспечивающие передачу телевизионных сигналов по коаксиальному кабелю в одном из первых пяти вещательных телевизионных каналов.

К камерам разработаны оптические приставки ОП-21, ОП-22 и ОП-23. В приставке ОП-21 используется вариообъектив «Рубин-1». Он снабжен дистанционным управлением фокусировкой и изменением масштаба изображения.

Кроме того, для передающих камер разработаны дополнительные устройства, расширяющие возможности их использования. Так, например, разработан «климатический» кожух, предназначенный для защиты камеры от атмосферных воздействий (пыль, брызги, снег). Этот кожух обеспечивает нормальную работу камеры в диа-

Основные характеристики	Типы		
	ПТУ-101	ПТУ-102	ПТУ-103М
Количество камер	1	До 6	До 12
Конструктивное исполнение камер	Пылебрызгозащитное		
Количество видеоконтрольных устройств	1—2	1—2	1—2
Количество выносных телевизоров	1	2	2
Общее число блоков	10	27	46
Суммарная масса, кг	140	405	750
Потребляемая мощность, В·А	1300	1500	2000

пазоне температур от —50 до +40°С. В кожухе предусмотрен электрический подогреватель с автоматическим выключением.

«Жаростойкий» кожух, охлаждаемый водой, позволяет осуществлять работу при температуре окружающей среды до +150°С.

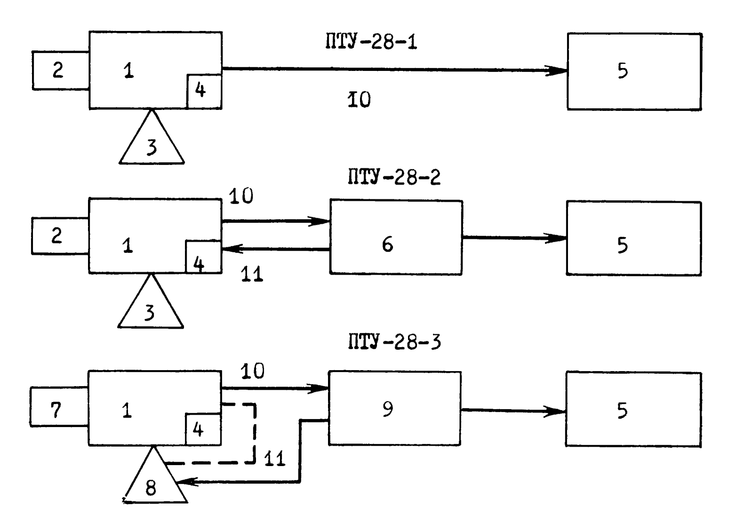


Рис. 18. Структурные схемы вариантов ПТУ-28.

1 — телевизионная камера; *2* — оптическая приставка с ручным управлением; *3* — устройство наведения; *4* — миниатюрный радиопередатчик; *5* — телевизор; *6* — пульт управления телевизионной камерой; *7* — оптическая приставка с дистанционным управлением; *8* — устройство наведения с дистанционным управлением; *9* — пульт управления телевизионной камерой, оптической приставкой и устройством наведения; *10* — коаксиальный кабель; *11* — кабель управления.

Таблица 4

истики ПТУ на суперортиконах

ПТУ				
ПТУ-105	ПТУ-106	ПТУ-107	ПТУ-108	ПТУ-109
1	До 6	1	До 6	1
Взрывозащитное		Коррозийностойкое		
1—2	1—2	1—2	1—2	1
1	2	—	—	—
12	34	10	31	3
220	855	145	480	85
1300	1500	1300	1500	340

Таблица 5

Варианты комплектации ПТУ-28

Наименование блоков	ПТУ-28-1		ПТУ-28-2		ПТУ-28-3			
	1	2	1	2	1	2	3	4
Телевизор	1	1	1	1	1	1	1	1
Миниатюрный радиопередатчик	1	1	1	1	1	1	1	1
Камера телевизионная прикладная КТП-39	1	—	1	—	1	—	1	—
То же КТП-40	—	1	—	1	—	1	—	1
Пульт управления ПУ-24	—	—	1	1	—	—	—	—
То же ПУ-25	—	—	—	—	1	1	—	—
То же ПУ-26	—	—	—	—	—	—	1	1
Оптическая приставка ОП-22	—	—	—	—	1	1	1	1
То же ОП-23	1	1	1	1	—	—	—	—

Примечание. Устройство наведения УН-1 или УН-3 поставляется по особому соглашению.

Устройства наведения с ручным и дистанционным управлением обеспечивают поворот камеры в нужном направлении.

Разработан также комплект видеоконтрольных устройств с экранами различных размеров. Видеоконтрольное устройство ВК-23 имеет кинескоп с диагональю экрана 23 см, ВК-25 и ВК-29— с диагональю 47 см и ВК-26 и ВК-30 — с диагональю 59 см. Видеоконтрольные устройства ВК-23, ВК-25 и ВК-26 предназначены для использования в помещениях с большой запыленностью.

Базовой ПТУ на суперортиконах является ПТУ-101. Структурная схема ее приведена на рис. 19. Переход от ПТУ-101 к более

сложным установкам, например к шестикамерной ПТУ-102 или к двенадцатикамерной ПТУ-103М, осуществляется путем добавления соответствующего числа камер и камерных блоков, а также замены пульта управления ПУ-1 блоком коммутации и управления БКУ-9 в ПТУ-102 и блоком коммутации и управления БКУ-8 в ПТУ-103М. В ПТУ-103 и ПТУ-103М используются блок питания и автоматики БПА-9 и выносной пульт управления ВПУ-6.

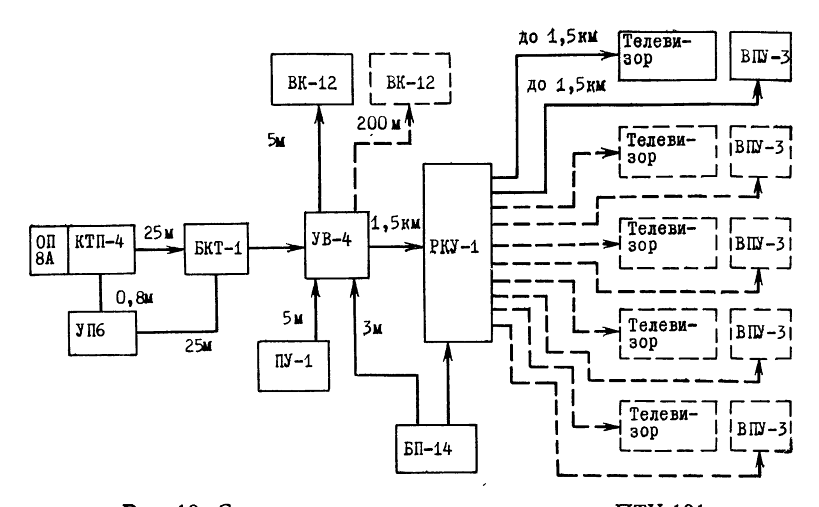


Рис. 19. Структурная схема и комплектация ПТУ-101.

КТП-4 — камера телевизионная промышленная; ОП-8А — оптическая приставка (головка); БКТ-1 — блок камеры; УП-6 — устройство поворотное; УВ-4 — блок канала; ВК-12 — видеоконтрольное устройство; ПУ-1 — пульт управления; БП-14 — блок питания; РКУ-1 — распределительно-коммутирующее устройство; ВПУ-3 — выносной пульт управления.

На основе ПТУ-101 и ПТУ-102 разработаны и выпускаются взрывозащищенные ПТУ-105 и ПТУ-106, а также установки, приспособленные к работе в агрессивных средах — ПТУ-107 и ПТУ-108.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

МАЛОКАДРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Общие сведения

В вещательном телевидении передается огромное количество избыточной информации. Например, никто не будет посылать в один адрес десять одинаковых телеграмм. А вот надпись «Интервидение» в начале и в конце каждой международной передачи передается в течение 30 с не 10, а 750 раз. Чтобы пропустить по каналу связи все эти многократно повторяющиеся сигналы, приходится создавать специальные телевизионные широкополосные каналы связи. Сложность их создания нередко является причиной ограниченного применения телевидения для тех или иных конкретных целей.

Передача 25 кадров (50 полукадров) в секунду принята в телевизионном вещании для устранения мелькания при наблюдении изображений на экране телевизора и для создания иллюзии слитности и плавности движения подвижных объектов. Содержание следующих друг за другом кадров при этом меняется незначительно.

Если смириться с мельканиями изображения и потерей слитности при передаче движения объектов, можно значительно уменьшить частоту кадров и соответственно сократить полосу частот видеосигнала. Такие телевизионные системы с уменьшенной частотой кадров получили название малокадровых.

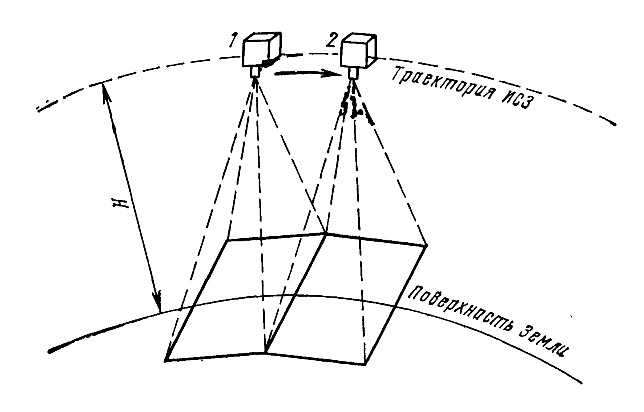


Рис. 20. Полная смена смыслового содержания изображения местности при перемещении ИСЗ из положения *1* в положение *2*.

Впервые идею малокадрового телевидения предложил в 1936 г. советский ученый С. И. Катаев. Он показал, что, значительно понизив частоту кадров, можно передавать «телевизионные картины с помощью узкой полосы частот». В последующие годы были предприняты попытки осуществить подобную систему. Однако Великая Отечественная война прервала эти эксперименты. В 1956 г. малокадровое телевидение возродилось как одно из важных направлений прикладного телевидения.

Предельное сужение полосы частот в малокадровой системе получается при работе ее циклом, длительность которого равна времени смены смыслового содержания в наблюдаемой сцене. Примером передачи полностью сменяющегося смыслового содержания изображения может служить передача со спутника участков местности, изображенных на рис. 20.

В результате проведенных исследований выяснилось, что кроме сужения полосы частот переход к малокадровым системам приводит еще к ряду преимуществ, а именно: к увеличению светочувствительности и повышению разрешающей способности систем, к облегчению консервации изображений как на кинопленку, так и на магнитную ленту.

Полоса частот видеосигнала

Граничные частоты видеосигнала определяются формулами (1) и (2). Из них видно, что увеличение времени передачи полного изображения (кадра) $T_к$ уменьшает как высшую, так и низшую частоты. Низшая частота $F_{мин}$ с десятков герц может быть уменьшена до единиц или долей герца. В то же время высшая частота $F_{макс}$ может измениться на миллионы герц. Поэтому общая полоса частот видеосигнала сужается практически обратно пропорционально времени передачи одного кадра.

Виды работы

В работе любой передающей телевизионной трубки с накоплением можно выделить два основных процесса:

1) накопление на мишени трубки электрических зарядов и образование потенциального рельефа (процесс записи);

2) снятие (развертка) этого рельефа электронным лучом и образование видеосигнала (процесс считывания).

В вещательном телевидении эти процессы происходят одновременно с частотой кадров. В малокадровых системах передающие трубки могут работать как с одновременными, так и с разделенными во времени процессами записи и считывания («работа по памяти»).

При одновременных процессах записи и считывания с помощью малокадровых систем можно передавать только неподвижные или незначительно меняющиеся в течение одного кадра изображения. В противном случае изображения движущихся объектов будут смазаны.

При раздельных процессах записи и считывания можно передавать изображения как неподвижных, так и движущихся с любой скоростью объектов. Только время экспозиции (записи) в последнем случае должно быть взято столь малым, чтобы в течение его объект перемещался не более чем, например, на один элемент разложения.

Таким образом, длительность процесса записи в малокадровых телевизионных системах определяет их светочувствительность и величину смазывания изображений движущихся объектов. В свою очередь, от длительности процесса считывания зависит скорость передачи информации и ширина полосы частот канала, необходимая для передачи сигналов изображения.

При разделении процессов записи и считывания, как показала практика, может потребоваться еще третий процесс — стирание оставшихся после первого считывания зарядов (подготовка мишени к накоплению новой информации).

В этом случае работа трубки происходит циклами, включающими в себя экспозицию ($T_{эксп}$), считывание ($T_{счит}$) и стирание ($T_{стир}$). Длительность цикла равна сумме длительностей указанных процессов (рис. 21).

Исследования показали, что значительно уменьшить остаточные изображения на мишени трубок можно путем использования специальных фотослоев и применения методов стирания и подготовки мишени трубки к новой записи.

В суперортиконе стирания рельефа удалось достичь путем облучения обеих сторон мишени потоком быстрых электронов (т. е. электронов, обладающих скоростью, при которой коэффициенты вторичной эмиссии $\sigma > 1$). В наиболее перспективной для малокадрового

телевидения передающей трубке типа видикон для стирания остаточных зарядов применяют две последовательные операции: равномерную засветку фотокатода специальными лампочками и развертку фотокатода пучком быстрых электронов с максимальным значением тока.

Для получения сигналов, необходимых для управления работой малокадровой системы по установленному циклу, в состав аппаратуры вводится специальный блок управления. Структурная схема передающей части с трубкой типа видикон в режиме трехоперационного цикла приведена на рис. 22.

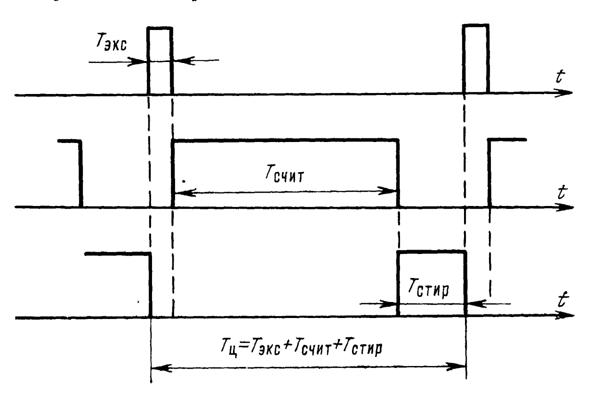


Рис. 21. Цикл работы передающей трубки в малокадровой системе.

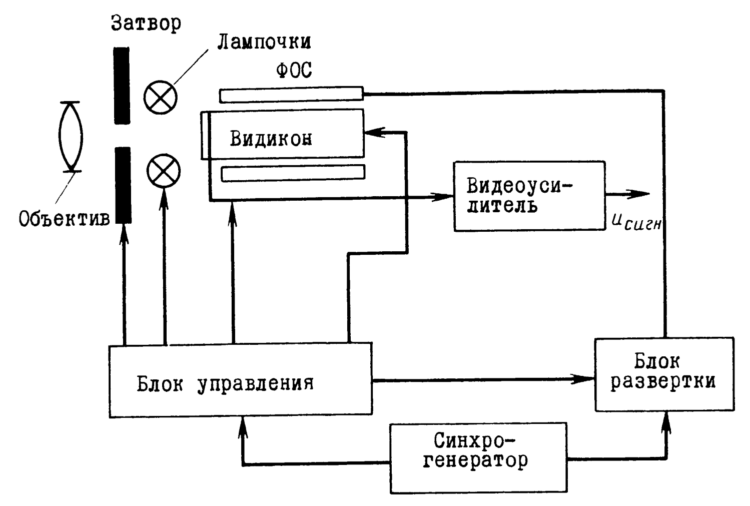


Рис. 22. Структурная схема малокадровой видиконной камеры, работающей в цикловом режиме.

Работа передающих трубок

Пригодность передающей трубки для работы в малокадровой системе удобно оценивать по так называемой *временной характеристике*, т. е. по графику зависимости потенциального рельефа (или снимаемого видеосигнала) от времени при световом воздействии определенной длительности. Передний фронт (участок *1*) временной характеристики (рис. 23) отражает инерционность нарастания потенциального рельефа на мишени трубки в процессе экспозиции (записи). Очевидно, что для получения достаточно глубокого потенциального рельефа нужно $T_{эксп}$ брать таким, чтобы потенциальный рельеф возрос значительно, например до 90% максимального значения, достигаемого за время t_0.

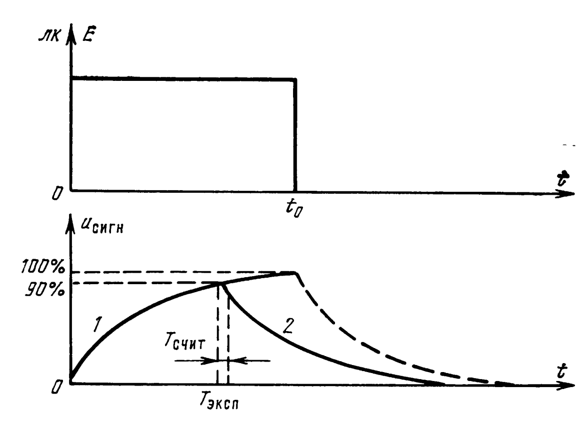


Рис. 23. Временная характеристика передающей телевизионной трубки.

Задний фронт временной характеристики (участок *2*) отражает спадание потенциального рельефа после прекращения экспозиции при запертом токе луча (т. е. при отсутствии считывания). Спадание это происходит вследствие растекания зарядов, паразитных эмиссий, перераспределения вторичных электронов и некоторых других причин и характеризует собой «память» трубки. Для получения равномерного сигнала в течение всего времени считывания «по памяти» необходимо, чтобы за время $T_{счит}$ потенциальный рельеф снижался не более чем, например, на 10%.

У суперортиконов и обычных видиконов мишени сделаны из полупроводника, вследствие чего память этих трубок составляет от единиц до нескольких десятков секунд. Работать «по памяти» эти трубки могут лишь с небольшим временем считывания. Созданные специально «малокадровые видиконы» имеют большую память.

Для трубок с бесконечно большой памятью справедлив так называемый закон взаимозаместимости, согласно которому $i_{сигн}=\text{const}$ при $ET_{эксп}=\text{const}$. При этом светочувствительность пропорциональна $T_{эксп}$. Поскольку в реальных трубках память ограничена из-за растекания потенциального рельефа, светочувствительность трубок возрастает пропорционально $T_{эксп}$ лишь до определенного значения.

Большое влияние на работу трубок в малокадровых системах оказывают также характеристики считывания. Теоретически заряд dq, накопленный на элементе мишени, при считывании электронным лучом должен дать сигнал

$$i_c = \frac{dq}{dt} = \frac{dq}{d\delta} v,$$

где $d\delta$ — размер элемента разложения изображения на мишени трубки.

С уменьшением скорости считывания v ток сигнала должен падать. Однако практически падение тока сигнала наблюдается лишь на ограниченном участке изменения скоростей считывания, за пределами которого зависимость i_c от v может иметь иной характер. Полагают, что это обусловлено сильным влиянием скорости считывающего луча на эффективность процесса считывания, на его к. п. д. С уменьшением скорости к. п. д. считывания возрастает.

Светочувствительность камер, разрешающая способность и отношение сигнал/шум

С увеличением периода кадровой развертки светочувствительность телевизионных систем, как правило, растет. В основном это обусловлено увеличением времени накопления и повышением эффективности считывания. Например, с трубкой супериконоскоп при времени экспозиции 30 мин удавалось получать изображение телевизионной испытательной таблицы 0249 с четкостью в центре изображения 600 линий при освещенности таблицы $E=3\cdot10^{-4}$ лк (темная безлунная ночь при средней облачности). В то же время, взяв длительность экспозиции меньше 1/25 с, можно уменьшить смазывание движущихся объектов, но проиграть при этом в светочувствительности камеры.

Для нейтрализации потенциального рельефа, накопленного на мишени трубки, необходим определенный уровень заряда q. В первом приближении можно считать, что $q=i_л T_к$, т. е. ток луча обратно пропорционален длительности кадра. Это обстоятельство позволяет значительно (по опубликованным сведениям в 2 раза) повысить разрешающую способность трубок.

Отношение сигнал/шум ψ в малокадровых системах, как и в обычном телевидении, определяется типом трубки и схемой предварительного усилителя. В камерах на суперортиконах основным источником шумов являются флуктуации тока луча, равномерно распределенные по спектру. С уменьшением скорости развертки отношение сигнал/шум в таких камерах теоретически должно оставаться неизменным. Практически оно несколько растет, что, по-видимому, происходит за счет улучшения к. п. д. считывания.

В камерах с трубками типа видикон и с усилителями, применяющими коррекцию входной цепи, снижение скорости развертки при сохранении степени противошумовой коррекции приводит к значительному снижению отношения сигнал/шум. Поскольку отношение сигнал/шум в данном случае зависит от сопротивления нагрузки передающей трубки, правильным выбором этого сопротивления можно значительно повысить ψ.

В малокадровых телевизионных системах с уменьшением тока луча возрастает внутреннее сопротивление трубки R_i. А отношение сигнал/шум ψ сравнительно быстро растет с увеличением $R_н$ при-

мерно до значения $R_н \approx \frac{1}{20} R_i$. Повышая $R_н$ таким образом, чтобы отношение $R_н/R_i$ сохранилось неизменным, можно в 3—4 раза увеличить отношение сигнал/шум.

Таким образом, можно прийти к выводу, что при определенных условиях в малокадровых системах могут быть получены изображения более высокого качества, чем в вещательном телевидении.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КОСМИЧЕСКОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Использование телевидения в космосе

Освоение космического пространства, начатое запуском в Советском Союзе 4 октября 1957 г. искусственного спутника Земли, привело к возникновению и быстрому развитию новой области телевизионной техники — космического телевидения.

Назначение телевизионной аппаратуры, используемой в космосе, весьма многообразно, однако оно может быть сведено к следующим основным направлениям.

1) передача изображений с космических кораблей и спутников для получения информации о поведении экипажа или состоянии аппаратуры (космические корабли «Восток», «Восход», «Джеминай», «Аполлон», «Союз», «Союз — Аполлон» и др.);

2) наблюдение с космических объектов за различными участками земной поверхности для осуществления научных исследований (в области метеорологии, картографии и т. п.) и других целей (спутники «Метеор», «Тайрос», «Нимбус», «Биг Бразер», «Мидас», «Самос» и др.);

3) получение изображений поверхности Луны, Венеры, Марса и других планет (автоматические межпланетные станции «Луна», «Марс», «Венера», «Маринер», «Рейнджер», «Сервейор» и др.);

4) ретрансляция телевизионных программ на большие расстояния и покрытие телевизионным вещанием больших территорий (спутники «Молния», «Радуга», «Экран», «Телестар», «Эрли Берд», «Синком» и др.).

Особенности космических телевизионных систем

Космические телевизионные системы имеют специфические особенности, важнейшими из которых являются:

1) большие расстояния между передающей камерой и объектами наблюдения, а также между передающей и приемной аппаратурой;

2) ограниченность габаритов, массы и, как следствие, мощности источников питания бортовой аппаратуры;

3) невозможность ухода за бортовой аппаратурой и осуществления ручных регулировок и ремонта ее в течение длительного времени;

4) сложность светотехнических условий первичной фиксации видеоинформации (например, на Луне низкий коэффициент отражения, приблизительно равный 0,1; малый интервал яркости объектов; очень низкая освещенность в тени);

5) вибрации, удары, толчки и значительные ускорения, воздействующие на аппаратуру при запуске ракеты;

6) большие перепады температуры (от —270 до +100°С и более);

7) отсутствие воздуха и влаги;

8) воздействие на аппаратуру интенсивной радиации при прохождении космического корабля через пояса радиации;

9) нестационарное взаимное положение передающей и приемной аппаратуры.

В связи с этим при разработке космической телевизионной аппаратуры приходится преодолевать большие трудности и зачастую принимать технические решения, необычные для вещательного телевидения. Параметры и характеристики, нормированные ГОСТ на вещательное телевидение, как правило, для космических телевизионных систем не пригодны. Даже в системах наблюдения за поведением экипажа и обстановкой на космических кораблях, где было бы желательно использовать параметры вещательного стандарта и получить возможность осуществления прямой передачи изображения из космоса по вещательной сети, из-за необходимости перекрывать значительные расстояния при ограниченных источниках питания приходилось для сужения спектра сигнала мириться со значительными мельканиями изображений. Так, на космическом корабле «Восток» разложение изображения осуществлялось на 100 строк при 10 кадрах в секунду. Полоса частот сигнала составляла 50 кГц. На кораблях «Восток-2»—«Восток-6» число строк было увеличено до 400; полоса частот сигнала возросла до 800 кГц. Затем была разработана и применялась система с разложением на 400 строк при 25 кадрах в секунду. И лишь с дальнейшим прогрессом телевизионной и космической техники появилась возможность использовать для этого типа космических систем основные параметры разложения, соответствующие вещательному телевидению (625 строк, 25 кадров, чересстрочное разложение).

В одном из вариантов телевизионной системы американского космического корабля «Аполлон» использовалось разложение на 320 строк при 10 кадрах в секунду.

Совершенно очевидно, что стремиться к уменьшению масс и габаритов аппаратуры, ее упрощению, повышению надежности и безотказности при работе в сложных механических и климатических условиях космоса необходимо лишь для аппаратуры, находящейся в космосе. Наземная аппаратура, как правило, приемная, может не полностью удовлетворять указанным специфическим требованиям. Она может быть более сложной и громоздкой, чем вещательные приемные устройства, в ней применяются новые технические достижения для обеспечения максимально возможного качества принимаемых изображений.

Исходя из используемых методов и средств преобразования оптических изображений в электрический сигнал, космические телевизионные системы можно подразделить на три типа:

одноэлементные (мгновенного действия); фототелевизионные; малокадровые.

Одноэлементные системы (системы мгновенного действия)

Устройство и работа передающей части одноэлементной телевизионной системы поясняется рис. 24. Свет от передаваемых объектов, отраженный зеркалом *1*, фокусируется объективом *2* в плоско-

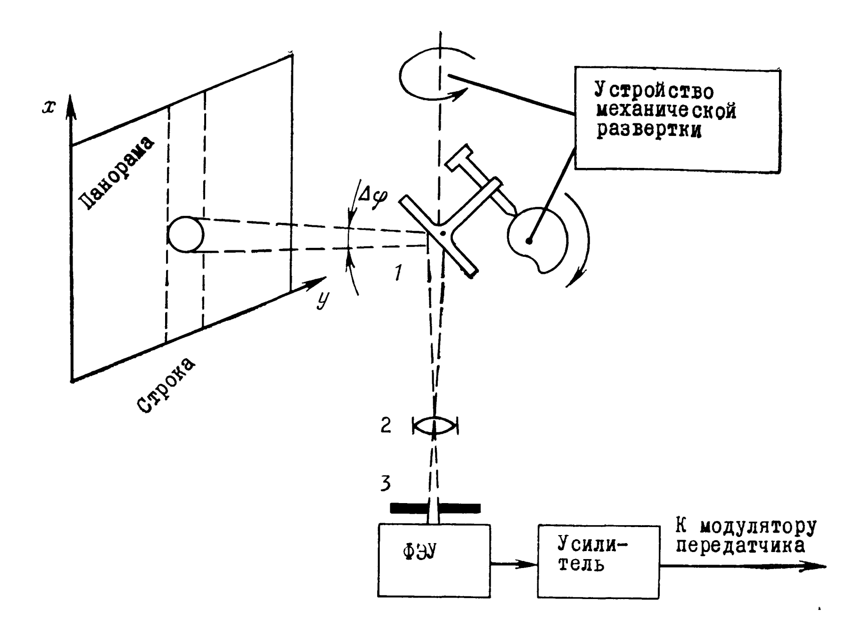


Рис. 24. **Устройство и работа передающей части одноэлементной телевизионной системы.**

сти диафрагмы *3*, образуя на ее поверхности оптическое изображение. Диафрагма вырезает из этого изображения одну элементарную площадку, соответствующую углу Δφ.

Устройство развертки с помощью кулачкового механизма качает зеркало *1* в вертикальной плоскости, обеспечивая обзор в пределах угла φ и разложение строки на φ/Δφ элементов. Одновременный медленный поворот зеркала вокруг вертикальной оси осуществляет развертку по кадру (при повороте на 360° — на 360/Δφ строк).

Световой поток от каждого элемента изображения проходит через диафрагму и попадает на фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), образуя на его выходе видеосигнал, соответствующий панораме передаваемого изображения.

Время накопления в такой системе равно времени передачи одного элемента изображения

$$\tau = \frac{1}{2F},$$

где F — полоса частот видеосигнала.

В телевизионном вещании, как известно, время накопления равно периоду кадровой развертки (1/25 с). Поэтому в одноэлементных системах с полосой частот видеосигнала в 12,5 Гц время накопления примерно такое же, как в телевизионном вещании. Практически оказалось, что при полосе частот видеосигнала в несколько сотен герц абсолютная чувствительность одноэлементных систем с механической разверткой находится на уровне широкополосных систем с передающей телевизионной трубкой типа видикон.

Очевидно, что одноэлементные системы могут быть использованы лишь для передачи или совершенно неподвижных, или очень мало изменяющихся за время передачи одного кадра изображений.

Основными достоинствами одноэлементных систем являются простота, малые масса и габариты, небольшая потребляемая мощность и высокая надежность.

К одноэлементным относятся телевизионные системы автоматических лунных станций «Луна-9» и «Луна-13». Эти станции не имели солнечных батарей, и потому к их телевизионным системам предъявлялись очень жесткие требования по потребляемой мощности. По этой же причине на указанных станциях применялись именно одно-

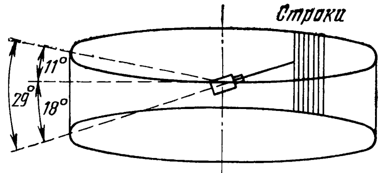


Рис. 25. Образование круговой панорамы в одноэлементной телевизионной системе «Луна-9».

элементные системы. Теперь о подвижности передаваемых объектов. Лунный ландшафт можно считать совершенно неподвижным. В его изображении меняется лишь длина теней в зависимости от высоты Солнца. Но последняя изменяется очень медленно, примерно на 0,5° за 1 ч, так как продолжительность лунного дня составляет около 14 земных суток.

Развертывающее зеркало телевизионной системы АЛС «Луна-9» совершало одно качание в секунду, обеспечивая обзор в пределах 29° (11° вверх и 18° вниз от горизонта), и один оборот вокруг вертикальной оси за 100 мин. В результате передаваемое изображение представляло собой круговую панораму (рис. 25).

Угловой размер одного элемента изображения равен примерно 0,06°. Следовательно, в строке содержится 29°/0,06° = 483 элемента, а в кадре 360/0,06 = 6000 строк. Максимальная частота видеосигнала в соответствии с формулой (1)

$$F_{\text{макс}} = \frac{kZ^2}{2T_{\text{к}}} = \frac{\frac{29}{360} \cdot 6000^2}{2 \cdot 100 \cdot 60} \approx 250 \text{ Гц}.$$

Видеосигнал после фотоэлектронного умножителя усиливался однокаскадным усилителем на сверхэкономичном пентоде, с помощью которого осуществлялась частотная модуляция поднесущей $f_{\text{п}} \approx 1500$ Гц. Затем частотно-модулированные колебания поступали в радиопередатчик с несущей частотой $f_{\text{н}} = 185$ МГц.

Фототелевизионные системы

К основным узлам передающей части фототелевизионной системы (рис. 26) относятся: фотоаппарат, устройство обработки пленки, устройство считывания видеоинформации, лентопротяжный механизм, устройство синхронизации и вспомогательные устройства (питания, управления, контроля).

Фотоаппарат заправляется пленкой, хранящейся для защиты от космической радиации в свинцовой кассете. По команде пленка на-

чинает протягиваться и на ней кадр за кадром фотографируются наблюдаемые объекты. Экспонированная пленка переходит в устройство межоперационного хранения. По окончании фотографирования автоматически включается устройство обработки. Пленка протягивается через резервуар с реактивами, обеспечивающими проявление и фиксирование сфотографированных изображений. Высушенная пленка собирается во втором устройстве межоперационного хранения.

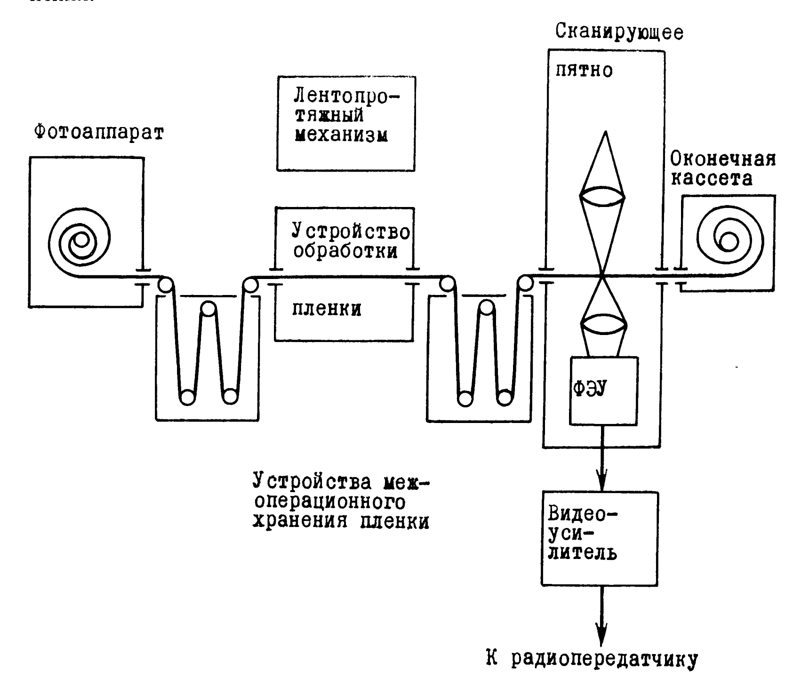


Рис. 26. Функциональная схема передающей части фототелевизионной системы.

По команде на передачу пленка поступает в устройство считывания. Считывание по строке производится или электронным методом (бегущим лучом), или оптико-механическим методом (подобно тому, как это делается в фототелеграфии). Развертка по кадру осуществляется за счет протяжки пленки с постоянной скоростью.

Управление работой всех узлов передающей части фототелевизионной системы осуществляется специальным программно-временным механизмом.

Идея использования фотопленки в качестве промежуточного элемента при фотоэлектрическом преобразовании в телевидении известна давно. Однако в телевизионном вещании более приемлемыми оказались другие методы передачи. А при проведении космических исследований оказалось, что фототелевизионные системы имеют существенные преимущества, и здесь они получили сравнительно ши-

рокое применение. В отличие от передающих телевизионных трубок фотопленка представляет собой «безвакуумное» изделие, что позволяет брать площадь кадра на фотопленке значительно больше площади кадра передающей трубки. В результате разрешающая способность фототелевизионных систем без особых трудностей может быть достигнута в миллион и более элементов.

Фототелевизионные системы дают возможность применять кратковременные экспозиции (сотые доли секунды) и, следовательно, фиксировать изображения довольно быстро движущихся и изменяющихся объектов. Передача изображений, зафиксированных на пленке, может происходить в удобное для этого время и достаточно медленно, в результате чего полоса частот видеосигнала получается узкой, и к каналу связи могут не предъявляться жесткие требования.

К достоинствам фототелевизионных систем можно также отнести возможность неограниченного повторения передачи одного и того же изображения, а также выбор отдельных его участков для передачи (масштабирование).

Существенным недостатком фототелевизионных систем является ограниченный запас фотопленки и реактивов и, следовательно, невозможность накопления на борту большого количества фотоснимков. На обработку пленки необходимо определенное время, поэтому неизбежна задержка между экспонированием и передачей изображения (как минимум десятки секунд).

Фототелевизионные системы использовались на автоматических межпланетных станциях «Луна-3», «Марс-1», «Зонд-3», «Луна-12», «Венера-3» и ряде других.

Рассмотрим более подробно устройство и работу фототелевизионной системы АМС «Луна-3».

Фототелевизионная система АМС «Луна-3»

С помощью АМС «Луна-3», запущенной 4 октября 1959 г., впервые в мире были получены фотографии обратной стороны Луны.

Функциональная схема бортовой аппаратуры этой станции (рис. 27) во многом напоминает рассмотренную выше общую схему фототелевизионной системы.

После ориентации станции на Луну подавалась команда на фотографирование. Фотоаппарат с двумя объективами с различными фокусными расстояниями экспонировал сразу два кадра. Привод протягивал пленку на два кадра, после чего устанавливалось другое время экспозиции (всего четыре значения). Отснятая пленка собиралась в устройстве межоперационного хранения.

По окончании фотографирования автоматически начиналась обработка пленки. Пленка протягивалась через резервуар с реактивом (проявитель и фиксатор одновременно), действие которого мало зависело от температуры. Пройдя через эластичные уплотнители, предохраняющие от просачивания реактивов, пленка просушивалась с помощью валика со стабилизированным подогревом и системы обдува с влагопоглотителем. Высушенная пленка наматывалась на оконечный барабан.

По команде на передачу изображений включалось передающее устройство, и пленка начинала плавно двигаться в обратном направлении. Развертка по строке осуществлялась бегущим лучом кинескопа, а по кадру — за счет протяжки пленки. Свет от бегущего

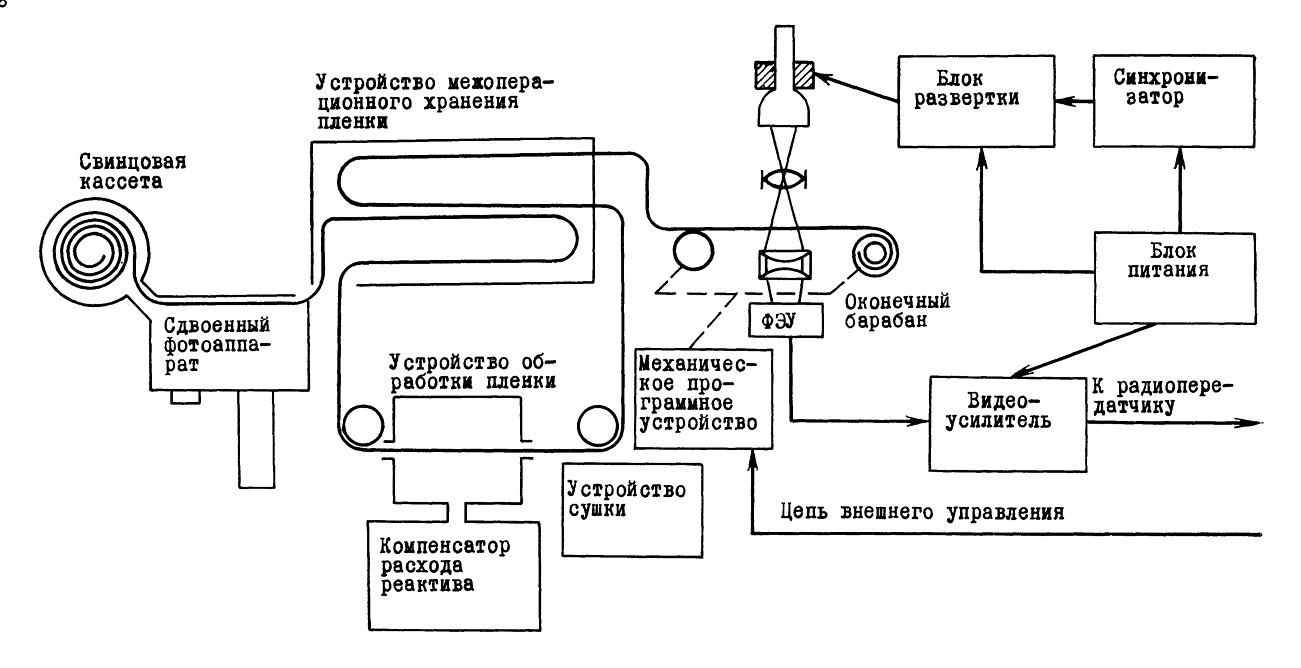


Рис. 27. Фототелевизионная система АМС «Луна-3».

луча, проходя через пленку, модулировался по интенсивности в соответствии с плотностью почернения и попадал в фотоэлектронный умножитель. Сигналы от умножителя поступали в видеоусилитель и затем направлялись в радиопередатчик. Пленка вновь собиралась в устройстве межоперационного хранения. Когда все кадры были переданы, программирующее устройство переключало движение пленки в обратную сторону и передача повторялась.

Плавность и равномерность протяжки пленки обеспечивались компенсатором, меняющим угловую скорость барабана в зависимости от количества пленки в нем. Развертка луча кинескопа осуществлялась с помощью блоков развертки и синхронизации.

Для контроля состояния пленки, качества ее обработки и предполетной проверки всего телевизионного канала производилась предварительная подготовка пленки до заправки ее в аппаратуру. На участке пленки, находящемся в окне передачи, была нанесена испытательная штриховая таблица (мира), с помощью которой можно было проверить передатчик, не включая лентопротяжки. На части пленки, находящейся вне кассеты, экспонировалась телевизионная испытательная таблица ТИТ-0249, применяемая в телевизионном вещании. По уровню «вуали» можно было оценить степень облучения аппаратуры. На каждом участке пленки — местоположении будущего кадра — проставлялся номер кадра, сенситометрический клин * и метки для оценки геометрических искажений. После сорокового кадра помещался впечатанный диск видимой стороны Луны, эквивалентный фотографии с расстояния 50 тыс. километров. На следующем кадре экспонировалась ТИТ, обработка которой должна была производиться на борту вместе с заснятыми изображениями Луны, затем опять ТИТ, но обработанная в земных условиях до полета. По окончании передачи всей пленки в кадровом окне устанавливалась также заранее обработанная штриховая мера. Все это помогало анализировать и контролировать работу составных частей аппаратуры.

Расстояние фотографирования Луны можно было определить также по соотношению диаметров полученного изображения Луны и упомянутого выше впечатанного диска ее видимой стороны.

Малокадровые телевизионные системы с передающими трубками

В системах космического телевидения с передающими телевизионными трубками используются главным образом трубки типа видикон, как наиболее экономичные, портативные и простые, не требующие сложной регулировки режима и обеспечивающие безоператорную работу камеры.

Идеальной для работы в космосе является малокадровая система с рабочим циклом, длительность которого приспосабливается к смене смыслового содержания наблюдаемых сюжетов. В этом случае говорят, что малокадровая система адаптивна.

Однако создание таких систем пока еще встречает значительные трудности. Часто заранее известно, что смена смыслового содержания будет происходить с неизменной скоростью (как в примере на рис. 20), поэтому для малокадровых систем возможны постоянные параметры разложения. На практике могут быть созданы системы,

---

* Клин с изменяющейся оптической плотностью, позволяющий учитывать возможные изменения режима обработки пленки.

промежуточные между адаптивными и с постоянными параметрами, а именно системы, в которых параметры разложения изменяются по программе.

Параметры разложения малокадровой телевизионной системы и, в первую очередь время цикла, выбираются на основе анализа траектории спутника или автоматической межпланетной станции и характера наблюдаемых объектов.

Малокадровые телевизионные системы с передающими трубками по сравнению с фототелевизионными практически передают изо-

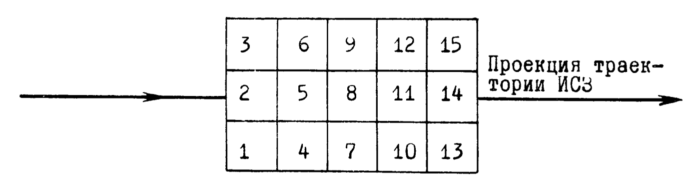


Рис. 28. Порядок передачи изображений местности «по участкам» с ИСЗ малокадровой телевизионной системой при $M=3$.

бражения в реальном масштабе времени (имеется лишь задержка на время одного цикла работы).

Количество изображений, которое может быть передано этими системами, ограничивается лишь сроком службы аппаратуры и запасом энергии питания, а не наличием пленки и химических реактивов, как в фототелевизионных системах.

Малокадровые системы с передающими телевизионными трубками передают изображения быстро изменяющихся натурных сцен (при соответствующем выборе времени экспонирования), но не обеспечивают достаточно высокой четкости, что в свою очередь делает невозможным получение больших углов зрения телевизионной системы.

Этот недостаток малокадровых телевизионных систем иногда пытаются преодолеть путем использования нескольких передающих трубок (2—3 и т. д.). Камера с двумя трубками имеет угол зрения в одном направлении почти в 2 раза больший, чем камера с одной трубкой. Однако создание многотрубочных камер приводит к соответствующему увеличению массы, габаритов и потребляемой мощности.

Существует также способ расширения угла зрения телевизионной системы с использованием «передачи изображений по участкам». В этом случае время цикла берется в M раз меньше времени смены сюжета в поле зрения камеры, а скорость считывания соответственно увеличивается. В результате за время смены сюжета камера сможет передать M телевизионных кадров, образуемых при развертке угла зрения камеры поперек направления ее движения (рис. 28).

Развертку угла зрения камеры можно осуществлять качанием камеры, или проще, качанием зеркала. Угол зрения камеры при этом увеличивается в M раз и, естественно, в M раз расширяется спектр видеосигнала.

К рассматриваемому типу относится малокадровая телевизионная система, использованная на ИСЗ «Космос-122» для передачи изображения облачного покрова Земли. Для увеличения угла поля зрения этой системы в ней применены два видикона. Съемка облачного покрова производилась с частичным перекрытием смежных кадров. Учитывая параметры орбиты спутника длительность цикла работы камеры приняли равной 60 с. Это время распределялось на кратковременное (регулируемое) экспонирование, считывание по памяти (10 с) и на стирание и подготовку фотослоя (50 с).

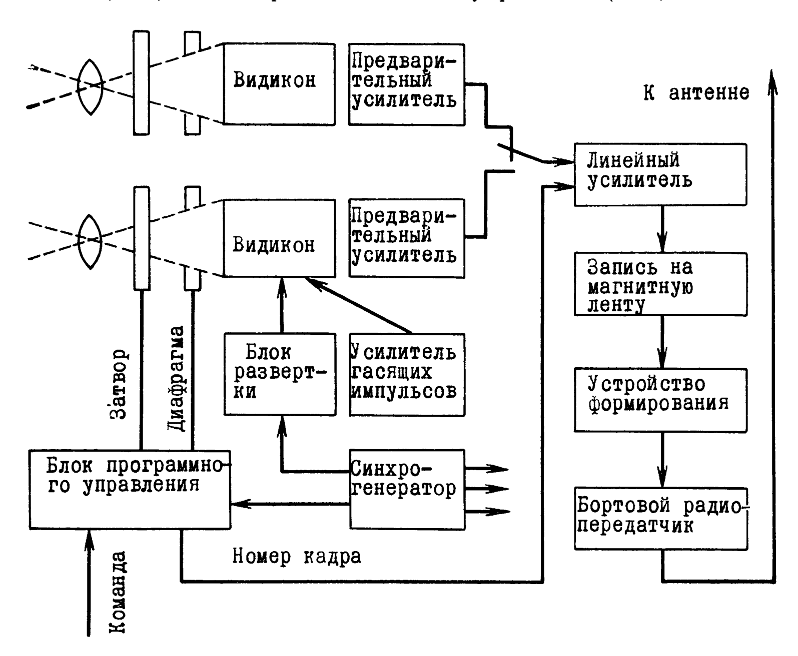


Рис. 29. Структурная схема передающей части малокадровой телевизионной системы ИСЗ «Космос-122» (блоки, обслуживающие верхний видикон, на рисунке не показаны).

Циклы работы видиконов были сдвинуты относительно друг друга на 10 с. Экспонирование фотослоя второго видикона начиналось после окончания считывания потенциального рельефа первого видикона. Максимальная частота видеосигнала равнялась 15 кГц. Этот сигнал подавался в предварительный усилитель, где подвергался усилению и коррекции (рис. 29).

Видеосигналы с двух предварительных усилителей поочередно коммутировались на вход линейного усилителя. Здесь в них замешивались импульсы гашения, синхронизации и коррекции, а также кодовые посылки, обозначающие номер каждой пары кадров. После линейного усилителя сигналы подавались на устройство магнитной записи, в котором и сохранялись нужное время. При пролете спутником зоны приема наземной станции производились быстрое считы-

вание записанной на магнитную пленку видеоинформации (в 4 раза быстрее записи) и передача ее по каналу связи на Землю.

Для повышения надежности работы всей телевизионной системы в единую конструкцию были объединены четыре камеры (две рабочие и две резервные).

Прием изображений из космоса

Высокая стоимость запуска спутника или автоматической межпланетной станции и уникальный характер получаемой информации требуют обеспечения гарантированного приема и высококачественной регистрации изображений. С этой целью прием на Земле осуществляется одновременно на нескольких пунктах и различными методами. Для регистрации видеоинформации могут быть использованы:

видеопросмотровые устройства на скиатронах (рис. 30);
фотографирование с экрана скиатрона или кинескопа;
запись на электрохимическую бумагу;
запись на магнитную ленту.

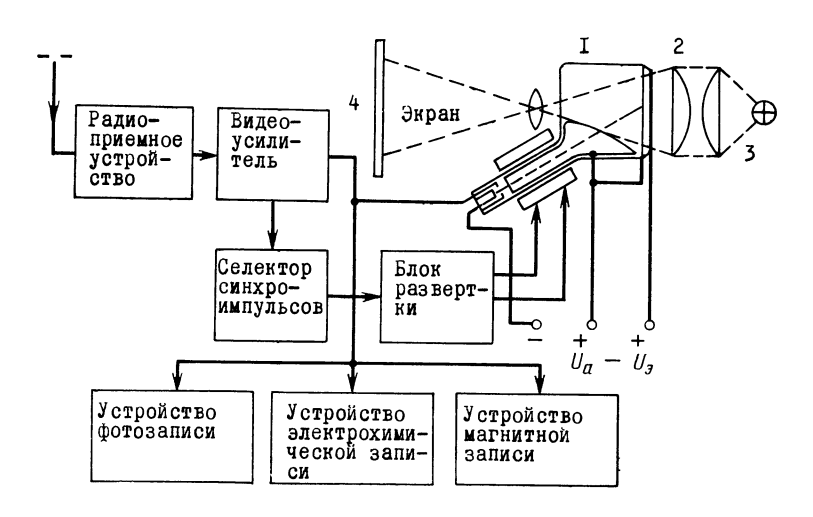


Рис. 30. Структурная схема наземного устройства для приема передач из космоса со скиатроном.

Скиатрон (трубка с темновой записью) *1* имеет экран из вещества, способного под влиянием электронной бомбардировки темнеть или изменять прозрачность. Интенсивность этих процессов зависит от количества электронов в пучке. Если экран *2* скиатрона подвергнуть развертке электронным лучом, модулированным видеосигналом, то на экране возникнет темновое оптическое изображение. При просвечивании такого экрана источником света *3* экран может служить своеобразным диапозитивом. Полученное на нем изображение может быть спроектировано на большой отражающий экран *4*.

Со временем темновое изображение на экране скиатрона постепенно исчезает, но это происходит сравнительно медленно. Скиатро-

ны успешно используются для приема и регистрации изображений в системах с очень большим временем $T_к$.

Изображения с экранов скиатрона или кинескопа фотографируются с помощью специальных фоторегистрирующих устройств.

В малокадровых системах применяется также запись изображений на электрохимическую бумагу. Бумага, пропитанная особым химическим составом, изменяет свой цвет под действием проходящего через нее электрического тока.

Записывающим устройством в этом случае служит тонкая металлическая игла, скользящая по поверхности бумаги в соответствии с заданным законом развертки. Видеосигнал от усилителя подводится к этой игле и к металлическому основанию, между которыми находится бумага. В соответствии со значением проходящего тока изменяется плотность окраски бумаги. Вследствие значительной инерционности этой системы она применяется только в малокадровом телевидении и фототелеграфии.

Телевизионные системы «Лунохода-1»

«Луноход-1», доставленный 17 ноября 1970 г. автоматической станцией «Луна-17» в район Моря Дождей, явился первой в космонавтике передвижной автоматической лабораторией, предназначенной для комплексного изучения особенностей строения лунной поверхности, окололунного пространства и далеких космических объектов.

Впервые с помощью космического аппарата было исследовано не только место его прилунения, но и прилегающий к нему район. При этом одновременно с изучением топографических и планетоморфологических особенностей местности производилось определение химического состава и физико-механических свойств лунного грунта.

Невозможно переоценить роль и значение телевизионных систем в общем комплексе оборудования «Лунохода-1». Полученная с помощью телевизионных систем визуальная информация об окружающей луноход обстановке делала его не только «зрячим» и позволяла дистанционно управлять его движением и работой, но также представляла собой исключительно ценный научный материал о топографических и геологических особенностях окружающей луноход местности, о насыщенности ее теми или иными образованиями. Все эти сведения являлись результатом изучения телевизионных изображений и фотоснимков.

Полученные стереоскопические изображения позволили изучить структуру и строение ряда участков лунной поверхности. Такие детали телевизионных изображений, как следы колес лунохода, их глубина и характер деформации при поворотах и движении по прямой позволили сделать заключения о прочностных свойствах грунта и его структуре.

Телевизионное оборудование «Лунохода-1» состояло из двух различных систем, содержащих шесть телевизионных камер.

Две камеры малокадрового телевидения на трубках типа видикон располагались в передней части корпуса и были предназначены для передачи телевизионных изображений местности, необходимых для управления с Земли движением лунохода. С учетом сравнительно медленного изменения ландшафта по мере движения лунохода оказалось возможным для сужения спектра видеосигнала и снижения мощности радиопередатчика передавать изображения со скоростью 1 кадр за 3—20 с.

Вторая телевизионная система была предназначена для получения панорамных изображений окружающей местности и участков звездного неба, Солнца и Земли с целью ориентации лунохода. Система имела четыре панорамные одноэлементные телекамеры. Они располагались таким образом, что две из них обеспечивали обзор справа и слева от лунохода в пределах несколько более 180° в горизонтальной плоскости и 30° в вертикальной. Две другие камеры давали панорамные изображения местности и пространства в пределах 360° в вертикальной и 30° в горизонтальной плоскостях.

Все четыре камеры однотипны по устройству. Передаваемые ими изображения были очень высокого качества.

Ретрансляция телевизионных сигналов через ИСЗ

В диапазоне ультракоротких волн дальность передачи телевизионных сигналов в наземных условиях, как известно, практически ограничивается расстоянием прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Поднятие антенн на значительную высоту позволило бы существенно увеличить дальность телевизионной передачи. Еще в 1937 г. проф. П. В. Шмаков указал на целесообразность установки телевизионной ретрансляционной аппаратуры на самолете, летающем на большой высоте между пунктами передачи и приема,

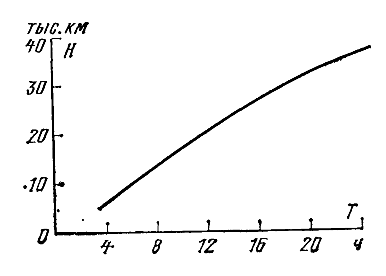


Рис. 31. Зависимость высоты полета спутника от периода его обращения вокруг Земли.

и произвел необходимые расчеты. С освоением космического пространства появилась идея разместить ретранслятор на искусственном спутнике Земли.

Характеристики и возможности системы ретрансляции телевизионных сигналов через ИСЗ в значительной степени определяются орбитами спутников. Один из вариантов осуществления ретрансляции телевизионных сигналов через ИСЗ, представляющих значительный интерес, заключается в использовании спутников на так называемой стационарной орбите, т. е. вращающихся над экватором в том же направлении, что и Земля, с периодом 24 ч. Спутник на такой орбите оказывается неподвижным относительно Земли.

Период обращения ИСЗ зависит от радиуса орбиты (или от размеров большой полуоси эллипса при эллиптической орбите). Так как разность радиуса орбиты спутника и радиуса Земли представляет собой высоту полета спутника над поверхностью Земли, то можно считать, что период обращения спутника зависит от высоты его полета. Эта зависимость показана на рис. 31. Как видно из рисунка, период обращения 24 ч имеет спутник, находящийся на круговой орбите, удаленной от поверхности Земли на расстояние 35 800 км.

Со спутника на стационарной орбите имеется прямая видимость почти от 70° северной до 70° южной широты. Три спутника, нахо-

дящихся на стационарной орбите со сдвигом относительно друг друга на 120° (рис. 32), могут обслужить круглосуточно единой телевизионной программой практически все густонаселенные районы земного шара. На стационарную орбиту выведены советские спутники — ретрансляторы телевизионных передач под названием «Радуга» и «Экран». Однако обслужить полярные районы при помощи таких спутников не представляется возможным. Поэтому для Советского Союза с учетом необходимости обеспечения телевизионным вещанием полярных районов более целесообразна трансляция через спутник, находящийся на наклонной к экватору эллиптической орбите. При этом спутник оказывается непрерывно смещающимся относительно поверхности Земли и использовать его возможно лишь в те-

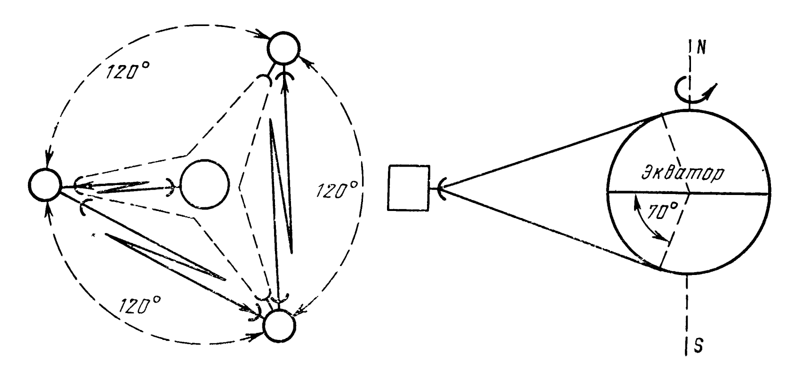


Рис. 32. Глобальная ретрансляция телевизионных передач при помощи трех спутников, находящихся на стационарной орбите.

чение видимости как передающей, так и приемных станций. Так, например, ретрансляционный спутник «Телстар», запущенный в США на орбиту с апогеем около 10 тыс. км и периодом обращения около 157 мин, обеспечивал ретрансляцию сигналов из США в Западную Европу лишь в течение 30—40 мин 3—4 раза в сутки.

Эксперименты показали, что для достижения достаточно длительных сеансов связи на всей территории СССР целесообразно использовать спутник с сильно вытянутой эллиптической орбитой с апогеем в Северном полушарии. Двигаясь в апогее значительно медленнее, чем в перигее, спутник большую часть времени будет находиться в районе апогея и сможет обеспечить сравнительно длительные сеансы связи. Именно такую траекторию имеет советский спутник связи «Молния-1». Он предназначен для ретрансляции на большие расстояния телевизионных программ и сигналов многоканальной телефонии. Орбита спутника «Молния-1» имеет апогей около 40 тыс. км в Северном полушарии и перигей около 500 км в Южном полушарии. Наклонение орбиты к экватору 65°. Период обращения 12 ч, т. е. за сутки спутник совершает два полных оборота с пересечением экватора проекцией орбиты при прохождении спутника с юга на север (так называемый восходящий узел) на 60° восточной долготы и 120° западной долготы. При первом обороте он достигает апогея примерно над центром Красноярского края,

а при втором — над побережьем Канады на севере Гудзонова залива. При первом обороте обеспечивается одновременная радиовидимость спутника из Москвы и с Дальнего Востока в течение 9—10 ч.

Упрощенная структурная схема бортового ретранслятора «Молния-1» приведена на рис. 33. Бортовой радиоприемник собран по супергетеродинной схеме. Принимаемый с Земли сигнал с несущей частотой f_1, пройдя развязывающий фильтр, поступает на смеситель, к которому также подводятся колебания от первого гетеродина. Основное усиление сигнала происходит в усилителе промежуточной

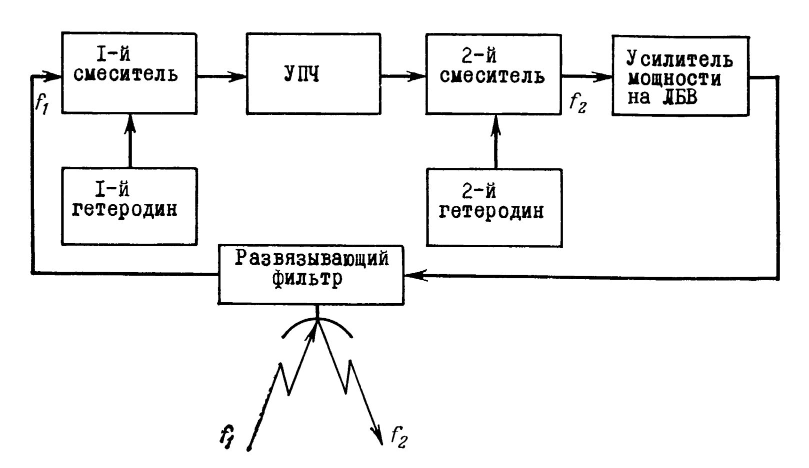


Рис. 33. Упрощенная структурная схема ретранслятора телевизионных сигналов ИСЗ «Молния-1».

частоты (УПЧ). Усиленный сигнал поступает на вход второго смесителя, где смешивается с колебаниями второго гетеродина. Получающийся новый высокочастотный сигнал на несущей частоте f_2 усиливается усилителем на лампе бегущей волны (ЛБВ) и через фильтр развязки поступает опять в антенну, с помощью которой излучается в направлении на Землю.

Мощность выходного каскада ретранслятора при передаче телевидения составляет около 40 Вт. Кроме работающего на спутнике установлены два резервных ретранслятора.

Основная радиоэлектронная и вспомогательная аппаратура размещена в цилиндрическом герметизированном корпусе. Для обеспечения нормальной работы аппаратуры внутри корпуса поддерживаются необходимые температура и давление.

На спутнике имеются две одинаковые параболические антенны: основная и резервная. Ширина диаграммы направленности антенны несколько превышает угол, под которым Земля видна со спутника. Во время сеанса связи основная антенна непрерывно ориентируется на Землю при помощи специального устройства слежения.

Питание всей аппаратуры производится от солнечных батарей и подключенных к ним аккумуляторов. В перерывах между сеансами связи аккумуляторы накапливают энергию, а во время сеансов —

ее расходуют. Запаса питания достаточно для работы аппаратуры в течение всего сеанса связи (до 10 ч).

При выведении спутника на орбиту панели солнечных батарей и параболические антенны находятся в сложенном состоянии. Они раскрываются автоматически после отделения спутника от последней ступени ракеты.

Кроме рассмотренной аппаратуры на спутнике находятся:

аппаратура командно-измерительного комплекса, системы ориентации и коррекции орбиты спутника;

корректирующая двигательная установка;

электронное программно-временное устройство, управляющее работой всех систем спутника;

система коммутации и управления аппаратурой;

система терморегулирования;

аппаратура дозиметрического контроля радиационной обстановки и определения влияния радиации на аппаратуру спутника.

Со спутником связи «Молния-1» работают специальные наземные оконечные станции. Кроме основного назначения — ретрансляции сигналов телевидения или многоканальной телефонии — они также используются для слежения за спутником, расчета его орбиты, передачи на него команд и получения телеметрической информации о работе систем.

Основной радиопередатчик станции работает с частотной модуляцией. Выходной каскад собран на клистроне, обеспечивающем мощность до 10 кВт. На станции применяется двухзеркальная параболическая антенна. Она используется как для передачи, так и для приема сигналов. Антенна направляется на спутник автоматически или с помощью цифрового программного устройства, вычисляющего программу сопровождения спутника.

Ввиду огромного расстояния спутник — Земля и относительно незначительной мощности бортового передатчика наземный приемник должен иметь возможно большую чувствительность, для чего используются малошумящие входные устройства (параметрические или молекулярные усилители, охлаждаемые до температуры жидкого азота или гелия).

Для уменьшения потерь вся высокочастотная часть приемника с преобразователем частоты размещается в непосредственной близости от антенны. В аппаратную подводится сигнал промежуточной частоты.

При передаче телевизионных сигналов через ретранслятор на спутнике звуковое сопровождение необходимо также передавать через спутник, так как при передаче звукового сопровождения по каким-либо наземным каналам наблюдается недопустимо большое расхождение во времени воспроизведения изображения и звука из-за большой разницы в длине радиотрасс.

Передача звукового сопровождения через общий ретранслятор на поднесущей частоте, как это делается в наземных радиорелейных линиях, требует расширения полосы пропускания приемника, что приводит к понижению его чувствительности. При недостаточной линейности тракта могут возникнуть перекрестные помехи. Поэтому в системе «Молния-1» применен своеобразный способ передачи звукового сопровождения путем модуляции по ширине специального импульса, размещаемого на задней площадке строчного гасящего импульса. Но это потребовало введения в состав станции аппарату-

ры совмещения и разделения сигналов изображения и сигналов звукового сопровождения.

Для приема телевизионных программ в удаленных районах страны (Мурманске, Воркуте, Магадане, Комсомольске-на-Амуре, Южно-Сахалинске и др.) создана сеть приемных станций под названием «Орбита». Эти станции дают возможность принимать программы Центрального телевидения миллионам новых зрителей.

Места для сооружения приемных станций «Орбита» выбираются в удалении от источников местных радиотехнических помех (обычно в 5—10 км от города) на достаточно открытых участках. Станция размещается в круглом железобетонном здании, на крыше которого установлена параболическая антенна диаметром 12 м. При помощи аппаратуры наведения и приводных механизмов антенна автоматически или полуавтоматически следит за движением спутника.

На входе приемника работает двухкаскадный параметрический усилитель. Для достижения наибольшей чувствительности первый каскад этого усилителя охлаждается до температуры —196°C (до температуры жидкого азота).

Основное усиление сигнала в приемнике осуществляется на промежуточной частоте 70 МГц. После детектирования и усиления производится разделение сигналов изображения и звукового сопровождения. Далее эти сигналы подаются на линии, соединяющие приемную станцию «Орбита» с местным телевизионным центром. Последний передает телевизионную программу владельцам телевизоров на одном из 12 вещательных телевизионных каналов.

Радиоприемник снабжен специальной системой автоматической регулировки усиления и помехоустойчивым детектором.

В состав приемной станции «Орбита» входит аппаратура оперативного контроля работоспособности всего комплекса.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ АВТОМАТИКА

Основные разновидности телевизионной автоматики

В последние годы появились и получают широкое распространение автоматические системы, основанные на использовании телевизионных методов. Новый вид автоматизации получил название телевизионной автоматики. Этот термин иногда подвергается критике на том основании, что в телевизионных автоматах часто не предусматривается получение каких-либо изображений, а производится анализ видеосигналов, в результате чего вырабатываются те или иные управляющие сигналы.

Различают несколько разновидностей телевизионной автоматики, основными из которых являются:

измерительная автоматика;

счетная автоматика;

автоматика контроля формы объектов;

автоматика распознавания образов и читающие автоматы.

Познакомимся более подробно с этой сравнительно новой областью телевизионной техники.

Контроль ширины листа прокатываемой стали

Телевизионная установка на видиконах, предназначенная для автоматического контроля ширины листа прокатываемой стали, состоит из двух камер, работающих в однострочном режиме от общего генератора строчной развертки. Оптические оси камер параллельны и находятся на расстоянии, равном номинальной ширине прокатываемого листа (рис. 34). При номинальной ширине листа перепады видеосигнала на выходе камер от краев листа одинаковы по местоположению на строках, но противоположны по знаку и на выходе

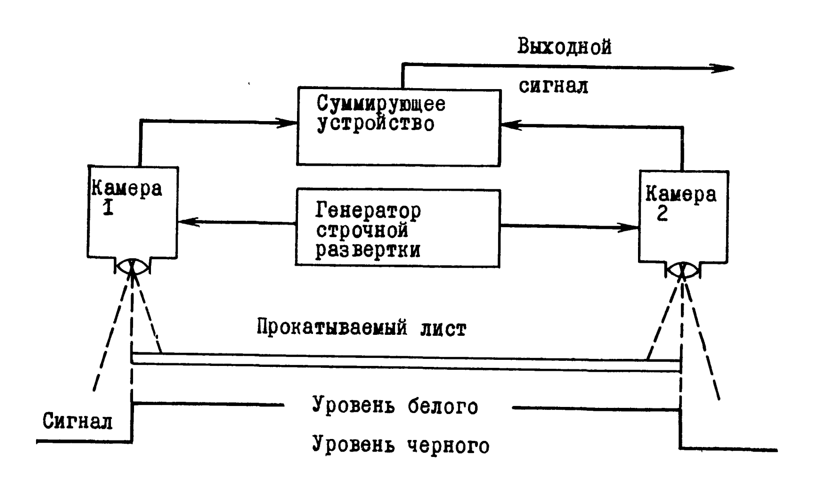


Рис. 34. Принцип работы телевизионной установки для контроля ширины проката.

Таблица 6

Наименование наблюдаемых показателей	Форма сигнала при ширине листа		
	номинальной	большей номинальной	меньшей номинальной
Импульс от первой камеры	t	t	t
Импульс от второй камеры	t	t	t
Результат сложения импульсов	t	t	t
Показания индикатора	0	+	—

суммирующего устройства не создают разностного напряжения. В случае отклонения ширины листа от номинального значения на выходе устройства возникает положительный или отрицательный импульс (табл. 6), воздействующий на индикаторный прибор или на соответствующий орган регулировки прокатного стана, приводящий ширину листа к номинальному значению.

Автоматический подсчет деталей в поле зрения микроскопа

Ознакомление со счетной автоматикой также произведем на конкретном примере. Наблюдение с помощью обычного микроскопа сопряжено с рядом неудобств и трудностей, а именно:

изображение под микроскопом может рассматривать только один человек;

точный и быстрый подсчет большого количества микрообъектов представляет значительные трудности;

некоторые микрообъекты (особенно биологические) имеют малую контрастность, в связи с чем бывает трудно оценить их структуру;

освещенность микрообъектов в ряде случаев не может быть сделана достаточно большой без нарушения их жизнедеятельности.

Совмещение телевизионной камеры с микроскопом позволяет в значительной степени устранить указанные недостатки, что очень важно при использовании микроисследований в медицине, биологии и других отраслях науки и промышленности. С помощью такого совмещения оказывается возможным вести наблюдение микрообъектов одновременно большому числу наблюдателей. При соответствующем выборе характеристик и режима телевизионной системы можно значительно повысить контрастность изображений. Применив автоматизированную телевизионную систему, можно достаточно точно и, главное, быстро подсчитать количество микрообъектов в поле зрения микроскопа.

В процессе работы автомат должен считать каждую частицу только один раз независимо от соотношения между ее размером и диаметром считывающего пятна. Если изображение частицы значи-

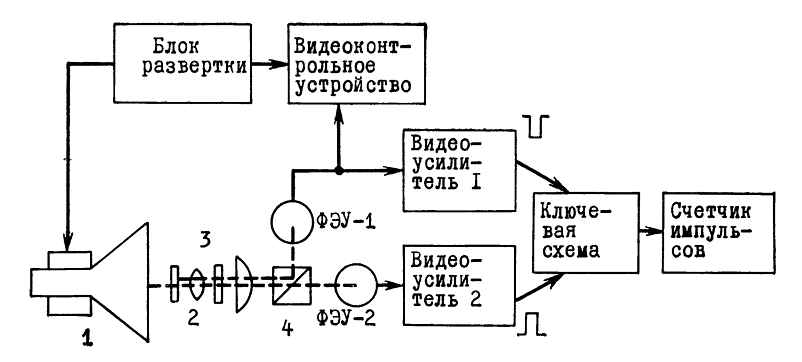


Рис. 35. Структурная схема телевизионного автомата для подсчета частиц в поле зрения микроскопа.

1 — трубка бегущего луча; *2* — кристалл с двойным лучепреломлением; *3* — исследуемый объект; *4* — поляризационная призма.

тельно больше элемента разложения (частица занимает несколько строк), то при развертке этого изображения получается не один, а несколько импульсов и результаты счета не будут соответствовать действительности.

Упрощенная схема одного из вариантов телевизионного считающего автомата приведена на рис. 35. В этом устройстве большинство блоков уже известны читателю и не требуют пояснений. Новыми элементами являются кристалл с двойным лучепреломлением и ключевая схема.

Бегущий световой луч кинескопа разделяется кристаллом на два расходящихся луча, отстоящих в плоскости объекта на расстоянии толщины одной строки. Кроме того, лучи имеют поляризацию во взаимно перпендикулярных плоскостях. Проходя исследуемый объект, световые лучи модулируются в соответствии с распределением прозрачности. Далее с помощью поляризационной призмы лучи расходятся в перпендикулярных направлениях по двум каналам.

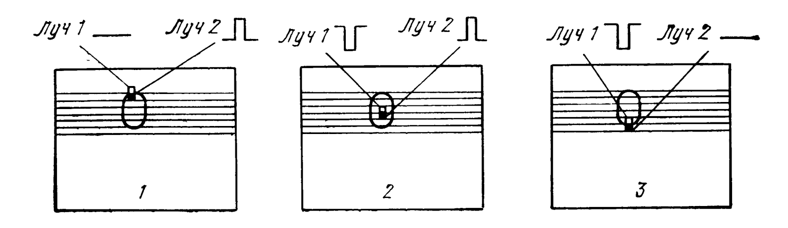


Рис. 36. Выдача импульсов автоматом, изображенным на рис. 35.

Ключевая схема, к которой присоединены видеоусилители (ВУ), обладает следующими свойствами:

а) если от ВУ-1 приходит отрицательный импульс, а от ВУ-2 положительный, как показано на рис. 35, на выходе ключевой схемы сигнала не будет;

б) если только от ВУ-1 приходит отрицательный импульс, то ключевая схема сигнала также не дает;

в) если только от ВУ-2 приходит положительный импульс, то ключевая схема выдает сигнал на счетчик.

Таким образом, с помощью ключевой схемы частицы подсчитываются только один раз (в первом случае из показанных на рис. 36).

Опознавание образов

Одной из наиболее сложных систем телевизионно-вычислительной техники являются системы опознавания образов и их высшая разновидность — читающие автоматы.

В современном промышленном производстве часто возникает необходимость сортировки изделий по их форме, отбраковки изделий, имеющих нарушение формы, предупреждения поступления деталей к станкам в неправильном положении и т. п.

Поскольку многие промышленные изделия (гайки, шайбы, кольца и т. п.) имеют правильную геометрическую форму, применение телевизионных методов позволяет автоматизировать указанные выше операции.

Таблица 7

Коэффициент формы изделий

Форма	Площадь S	Периметр L	Коэффициент формы L^2/S	Соотношение
	πa^2	$2\pi a$	12,56	1,00
	$a^2(5+\pi)$	$2a(2+\pi)$	13,00	1,04
	$\frac{a^2 6\sqrt{3}}{4}$	$6a$	13,83	1,10
	a^2	$4a$	16,00	1,27
	$\frac{\pi a^2}{2}$	$a(2+\pi)$	16,82	1,34
	$\frac{a^2\sqrt{3}}{4}$	$3a$	20,70	1,65
	$2,5\pi a^2$	$a(3\pi+4)$	23,00	1,83
	$2a^2$	$2a(2+\sqrt{2})$	23,28	1,85
	a^2	$5a$	25,00	1,99
	$1,5\pi a^2$	$a(3\pi+2)$	27,60	2,20

При опознавании формы определенных изделий к наиболее простым следует отнести способ нахождения их коэффициента формы $k_ф = L^2/S$, где L — периметр; S — площадь изделия.

Наименьшее значение коэффициента формы имеет круг $k_ф = 4\pi$. По мере усложнения формы изделия и отклонения ее от круга $k_ф$ возрастает. В табл. 7 приведены значения этого коэффициента для наиболее часто встречающихся случаев.

Для нахождения коэффициента формы необходимо измерить периметр изделия и его площадь. Обе эти величины могут быть определены автоматически телевизионными измерительными устройствами. Периметр равен сумме длин дуг, заключенных между соседними строками (рис. 37).

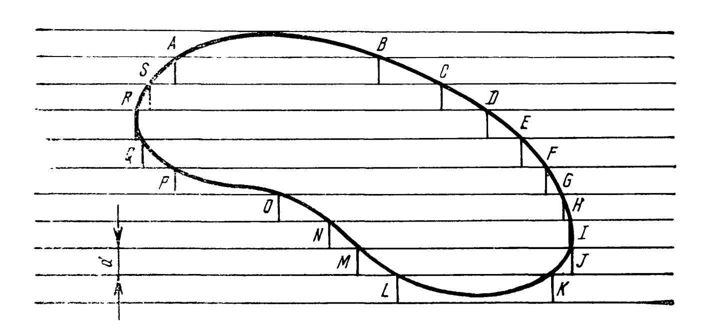


Рис. 37. К определению периметра изделия.

Для упрощения измерений можно суммировать гипотенузы или стороны ступенчатой кривой A, B, C, D... В таком случае периметр L находится по формуле

$$L = k \sum_{i=1}^{n} (l_i - l_{i-1}) + 2d,$$

где k — коэффициент пропорциональности; l_i — длительность видеоимпульса; d — расстояние между смежными строками по времени. При таком способе результат измерения периметра будет всегда получаться несколько завышенным, но это может быть скорректировано введением систематической поправки.

Площадь изделия S также определяется суммированием длительностей видеоимпульсов, возникающих от пересечения изображения изделия на фотокатоде передающей трубки сканирующим лучом,

$$S = \frac{S_0}{ZT} \left(\frac{D}{F}\right)^2 \sum_{i=1}^{n} t_i,$$

где S_0 — площадь кадра на фотокатоде передающей трубки; Z — число активных строк разложения; T — длительность прямого хода строчной развертки; D — расстояние объекта от телекамеры; F — фокусное расстояние объектива камеры; t_i — длительность видеоимпульсов.

По найденным значениям коэффициента формы и, следовательно, опознав изделие, телевизионный автомат выдает соответствующую исполнительную команду.

Читающие автоматы

К наиболее сложной разновидности телевизионной автоматики, ее высшей форме следует отнести читающие автоматы. Они большей частью представляют собой синтез телевизионного и логического устройств и предназначены для опознавания предъявляемых им букв, цифр и других знаков.

Широкое внедрение вычислительной техники в различные сферы человеческой деятельности предъявило повышенные требования к средствам подготовки, преобразования и ввода исходных данных в электронно-цифровые вычислительные машины (ЭЦВМ).

До недавнего времени исходные данные для ЭЦВМ наносились вручную на перфоленту, перфокарты или магнитные носители, а затем с помощью считывающих устройств вводились в машину. При малом объеме обрабатываемой информации с подобными методами можно было мириться. Но затем стало очевидным, что процесс подготовки промежуточных носителей информации становится недопустимо длительным, дорогим и ненадежным (в ряде случаев на него затрачивалось до 80% времени, необходимого для решения самой задачи). Это заставило многочисленные зарубежные фирмы и научно-исследовательские организации Советского Союза заняться изысканием новых методов подготовки и ввода информации в ЭЦВМ и, в частности, непосредственного ввода ее при помощи читающих автоматов. Работы, развернутые в этом направлении, вскоре дали свои результаты, и уже к концу 1966 г. в различных странах было изготовлено и эксплуатировалось около 500 читающих автоматов.

Первые их образцы работали сравнительно медленно и ненадежно, но они быстро совершенствовались, и последние модели способны обрабатывать до тысячи документов в минуту со скоростью чтения до 2400 знаков в секунду и дают не более одной ошибки на 100 000 знаков.

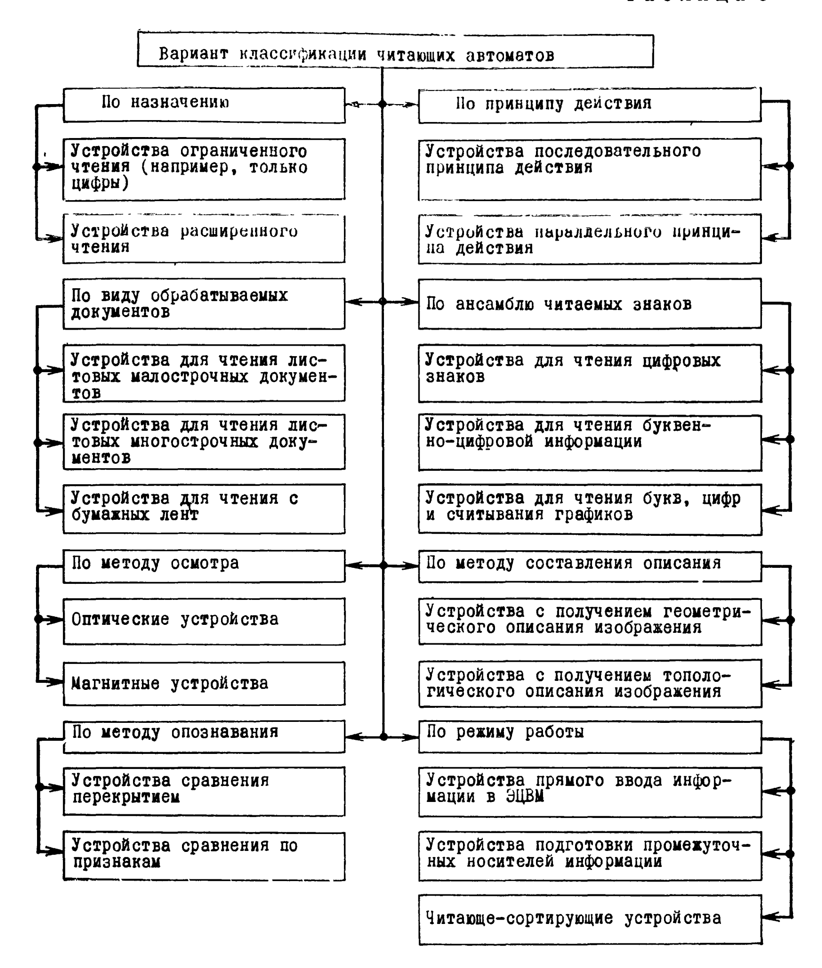
Большие трудности разработки читающих автоматов и очень широкий фронт работ по их созданию привели к тому, что существующие автоматы оказались чрезвычайно различными по своему устройству, принципам действия, возможностям, параметрам и эксплуатационным характеристикам.

В табл. 8 представлен вариант классификации существующих читающих автоматов.

Очевидно, что ознакомиться в деталях с устройством и работой многочисленных разновидностей читающих автоматов в рамках данной книги не представляется возможным. Поэтому ниже будут рассмотрены только принципы действия некоторых читающих автоматов и общие идеи, на которых базируется их работа.

При создании универсальных читающих автоматов возникали значительные трудности. В связи с этим, а также потому, что на практике весьма часто требуется чтение только какого-то однообразного, например, цифрового текста, были предприняты попытки создания «автоматов ограниченного чтения». Но оказалось, что и это представляет нелегкую задачу. Исследования показали, что в простейших цифрочитающих автоматах целесообразно применение специальных шрифтов.

Таблица 8



Получившие применение шрифты можно разбить на три основные класса: кодированные, стилизованные и нормализованные.

Примерами кодированных шрифтов служат шрифты Бройдо (рис. 38,*а*) и Штейнометик (рис. 38,*б*). При считывании кодированных шрифтов читающее устройство анализирует не изображения письменных знаков, а кодовые серии маркерных отметок. Метки наносятся либо обычной типографской краской и считываются с помощью фотоэлемента, либо «магнитной» краской и считываются магнитной головкой.

Знаки стилизованных шрифтов содержат элементы определенного кода, но сохраняют форму цифр, поэтому они без труда читают-

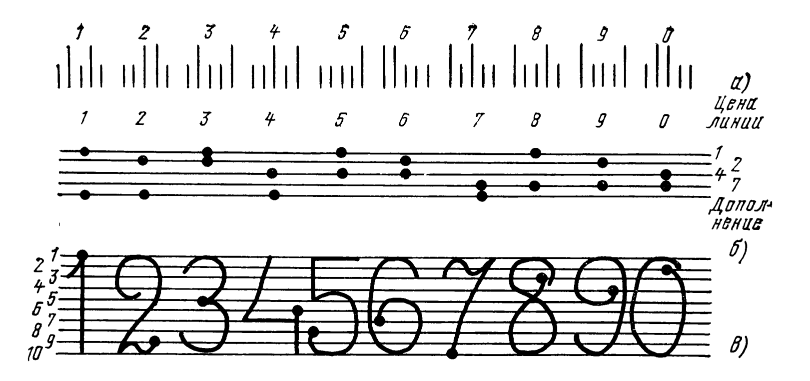


Рис. 38. Кодированные шрифты Бройдо (*а*) и «Штейнометик» (*б*) и стилизованный шрифт Диксона (*в*).

ся обычным образом. Примером такого шрифта может служить шрифт Диксона (рис. 38,*в*).

Наконец, при использовании нормализованных шрифтов знаки для облегчения распознавания их читающим автоматом пишутся от руки в специальных прямоугольниках заранее установленной формы. Знаки обычно пишут черной краской, а нормализующие прямоугольники печатают краской, отраженный свет от которой не воздействует на фотоэлемент.

В СССР из нормализованных шрифтов получили распространение шрифт НИИ Центрального статистического управления СССР (рис. 39,*а*), шрифт СКБ Вильнюсского завода счетных машин (рис. 39,*б*) и шрифт Министерства связи (рис. 39,*в*).

Чтение кодированных и стилизованных шрифтов только по внешним признакам может считаться чтением знаков. При считывании и опознавании кодированных знаков анализируется не изображение знака, а кодовая комбинация его маркерных меток. В результате опознавание сводится к декодированию последовательностей сигналов.

Системы, использующие нормализованные шрифты, представляют собой полноценные читающие автоматы. Нормализация знаков лишь устанавливает размер и манеру написания знака и этим несколько облегчает опознавание.

Цифрочитающие автоматы являются частным решением задачи опознавания. В настоящее время разрабатываются универсальные автоматы, способные читать не только нормализованные знаки, но и любой печатный, машинописный и даже рукописный тексты.

Процесс чтения человеком заключается в восприятии тех или иных знаков текста, сравнением воспринимаемых знаков с конфигурациями знаков, хранящихся в памяти человека, и отождествлении принимаемого знака с одним из знаков памяти.

Если же предъявляется незнакомый знак, например, какой-либо иероглиф, который в памяти не заложен, то он опознан быть не может. Таким образом, как человек, так и читающий автомат могут опознавать и читать только те знаки, которые хранятся в их памяти.

На основании рассмотренных закономерностей чтения текста человеком работу любого читающего автомата можно расчленить на следующие основные операции:

1) предъявление и осмотр изображения передаваемого знака;
2) составление «описания» знака;
3) сравнение «описания» знака с эталонными описаниями, хранящимися в памяти, и отождествление с одним из них, т. е. собственно опознавание знака.

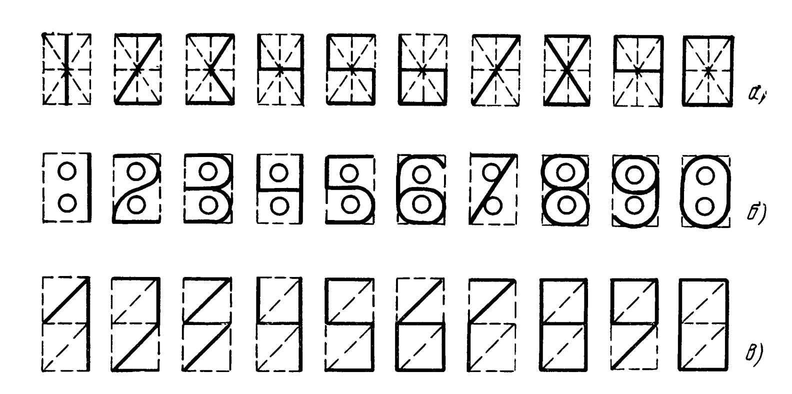


Рис. 39. Нормализованные шрифты НИИ ЦСУ (*а*), СКБ Вильнюсского завода счетных машин (*б*) и Министерства связи (*в*).

В соответствии с этим структурная схема читающего автомата должна включать в себя следующие элементы:

1) устройство, воспринимающее предъявляемый знак и по его физическим характеристикам (обычно по распределению темных и светлых мест) создающее соответствующее «описание» знака (большей частью в виде последовательности электрических импульсов — электрического сигнала) (рис. 40);
2) блок памяти, хранящий «описания» всех опознаваемых знаков;
3) устройство сравнения, осуществляющее сличение полученного «описания» знака с эталонными описаниями, имеющимися в блоке памяти;

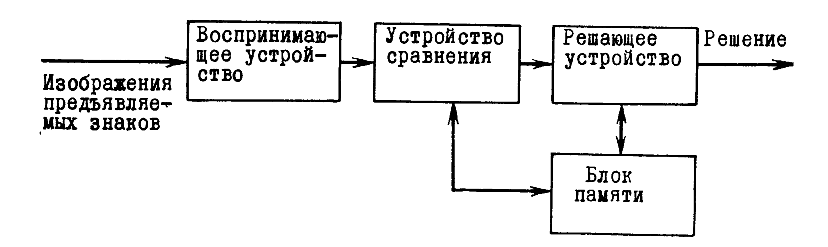


Рис. 40. Структурная схема читающего автомата.

4) решающее устройство, отождествляющее предъявленное «описание» с одним из эталонных и дающее сигнал, соответствующий опознанному знаку, или сигнал отказа.

Как же осуществляются основные операции по опознаванию знаков?

«Осмотр» изображения знака производится одним из следующих способов:

параллельным, когда все изображение знака воспринимается прямоугольной матрицей из фотоэлементов. Следует считать также параллельным способ, при котором оптическое изображение читаемого знака проецируется на светонепроницаемую маску с прозрачными изображениями эталонов читаемых знаков (на маску-трафарет);

параллельно-последовательным, при котором осмотр в одном направлении осуществляется одновременно линейкой фотоэлементов, а в другом — последовательно за счет движения, например, читаемого документа;

последовательным — телевизионной разверткой бегущим лучом.

Составление описания знака заключается в выработке электрического сигнала, однозначно соответствующего данному знаку.

При параллельном способе осмотра таким описанием является комбинация электрических сигналов на выходе матрицы фотоэлементов. При оптической проекции изображения знака на непрозрачную маску-трафарет описанием знака служит величина тока на выходе фотоэлемента или ФЭУ.

В устройствах с параллельно-последовательным или последовательным способом осмотра электрические сигналы по мере их возникновения записываются в запоминающем устройстве и хранятся там до тех пор. пока не накопится информация, соответствующая целому знаку. Описание знака в этом случае представляет собой последовательность дискретных по уровню и времени сигналов.

Если подлежащие описанию объекты характеризуются признаками, каждый из которых может иметься (1) или отсутствовать (0), то описание каждого объекта можно выразить n-значным двоичным числом.

Получающийся при обычной телевизионной развертке сигнал представляет собой геометрическое описание знака. Если знак сдвигается со своего места или изменяет форму (смещается, поворачивается или растягивается), то изменяется и форма сигнала — описание знака, что может затруднить или сделать вовсе невозможным опознавание. Поэтому в некоторых системах читающих автоматов вместо геометрического применяют так называемое топологическое описание. Оно состоит из перечисления определенных топологических признаков: замкнутых контуров различной связности (связность контуров определяется числом взаимопересечений, например 0 и 8), узлов различной кратности (узел 1-й кратности есть конец, 2-й кратности — угол, 3-й кратности — буква Y, 4-й кратности — буква X) и т. п.

Но и топологический способ описания имеет недостатки, например цифры 6 и 9 топологически совершенно тождественны и не могут быть различены.

Сравнение описания знака с описанием эталонов, хранящихся в блоке памяти, позволяет определить принадлежность знака к одному из эталонов, и, таким образом, опознать знак.

Применяемые устройства сравнения и опознавания знаков можно разбить на две группы:

устройства, в которых для хранения набора эталонов используются оптические маски-трафареты;

устройства, в которых для хранения набора эталонов применяются матрицы сопротивлений, ферритовых сердечников и другие электрические модели.

В устройствах первой группы изображение опознаваемого знака проецируется на эталонные маски-трафареты. Опознавание осуществляется путем измерения или сравнения выходных сигналов светочувствительных элементов от опознаваемого знака, прошедшего через маску (метод «оптического сравнения перекрытием»).

В устройствах второй группы для опознавания письменных знаков используются методы «электрического перекрытия» и «сравнения по признакам».

«Электрическое сравнение перекрытием» осуществляется путем взвешенного суммирования электрических сигналов от элементов изображения знака на эталонных матрицах активных сопротивлений, ферритовых сердечников, линий задержек и т. п.

При «сравнении по признакам» анализу подвергаются относительная длина, направление и кривизна линий, наличие и количество начальных и конечных точек, точек пересечения, открытых дуг, замкнутых областей и т. п.

«Сравнение по признакам» требует более сложной аппаратуры. Однако при этом обеспечивается более надежное опознавание знаков даже при некотором изменении их размеров, положения и формы. Поэтому для создания автоматов, читающих рукописные знаки, перспективным считается использование метода «сравнения по признакам».

Заключение

Настоящая книга ни в коей мере не претендует на всестороннее освещение проблем прикладного телевидения. В ней изложены лишь основные принципы устройства и работы телевизионных систем, рассмотрены особенности систем прикладного телевидения и их отличия от вещательных систем и, наконец, некоторые частные направления использования телевизионной техники для решения тех или иных задач прикладного характера. Приведенные материалы убедительно показывают, что прикладное телевидение, эта сравнительно молодая область техники, отпочковавшись от телевизионного вещания, успешно совершает свои первые самостоятельные шаги.

Уже сейчас средства и устройства телевизионной техники, проникая во многие отрасли промышленности, науки, техники и культуры, позволяют осуществлять наблюдение, контроль и управление сложными производственными процессами и объектами, автоматизацию различных производств и научных исследований и служат мощным ускорителем научно-технического прогресса.

В свою очередь, научно-технический прогресс стимулирует и ускоряет развитие и совершенствование телевизионной аппаратуры. Особенно большие надежды в этом отношении возлагаются на электронику. Специалисты по составлению прогнозов развития различных отраслей науки и техники — футурологи, утверждают, что в ближайшем будущем наша жизнь и быт будут все больше и больше насыщаться электроникой и ее новейшими отраслями: микро- и оптоэлектроникой.

Использование успехов и достижений микро- и оптоэлектроники, технической кибернетики и некоторых других областей науки и техники позволит увеличить выпуск аппаратуры прикладного телевидения и повысить ее качество. Можно будет снизить габариты и массу, повысить надежность, сократить потребляемую мощность. Телевизионная техника будет использоваться для решения новых, подчас неожиданных задач.

Роль прикладного телевидения в жизни человеческого общества будет непрерывно возрастать.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Юрий Васильевич Костыков

ПРИКЛАДНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Редактор Г. Л. Глориозов
Редактор издательства И. Н. Суслова
Обложка художника В. И. Карпова
Технический редактор В. В. Хапаева
Корректор М. Г. Гулина
ИБ № 1673

Сдано в набор 24.03.80 Подписано в печать 01.08.80 Т-14642
Формат 84×108[1]/32 Бумага шаберного мелования Гарн. шрифта литературная Печать высокая Усл. печ. л. 3,78 Уч.-изд. л. 4,85
Тираж 40 000 экз. Заказ 626 Цена 40 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

40 к.

